

الفصل الاول

المتجهات Vector

المتجهات Vector

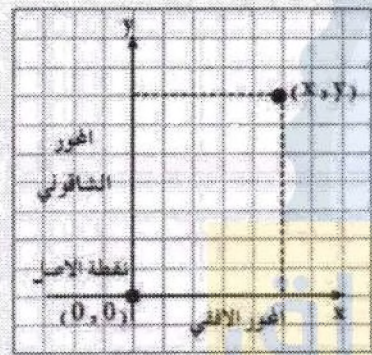
الاحداثيات / هي أنظمة تستعمل لتحديد موقع اي نقطة او جسم سواء كان ساكناً او متحركاً وتقسم الى:

- ١- **الاحداثيات الكارتيزية / Rectangular Coordinates**
- ٢- **الاحداثيات القطبية / Polar Coordinates**

الاحداثيات الكارتيزية /

هو نظام يستعمل لتحديد موقع اي نقطة في مستوى معين ويتكون من محورين هما المحور الافقي x والمحور الشاقولي y ومتعامدان ومتقاطعان عند نقطة الاصل التي احداثياتها $(0, 0)$.

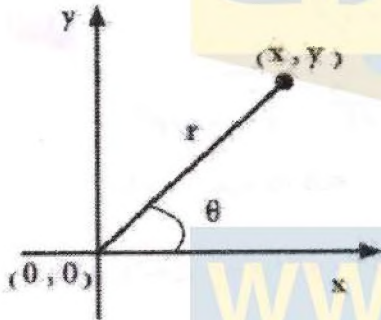
❖ لتحديد موقع اي جسم على الاحداثي الكارتيزي يكتب بأسم المحورين (x, y) للدلالة على الكمية الفيزيائية ووحدة قياس المستعملة لقياسهما.



الاحداثيات القطبية /

هو نظام يستعمل لتحديد موقع اي نقطة في مستوى معين ويتكون من البعد r (بعد الجسم عن نقطة الاصل) والزاوية θ المحصورة (هي الزاوية التي يصنعها الجسم مع المحور الافقي x).

❖ لتحديد موقع اي جسم على الاحداثي القطبي يكتب بأسم البعد r والزاوية θ (r, θ) للدلالة على الكمية الفيزيائية ووحدة قياس المستعملة لقياسهما.

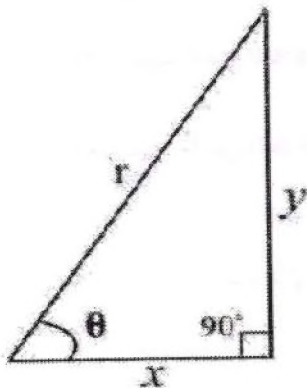


س/ هل يمكن تطبيق الاحداثي القطبي لتحديد موقع جسم دون الاحداثي الكارتيزي ولماذا؟

ج/ كلا لان البعد r في الاحداثي القطبي هو الخط المستقيم الواصل بين نقطة الاصل $(0, 0)$ وموقع الجسم على الاحداثي الكارتيزي (x, y) والزاوية θ تمثل الزاوية التي يصطنعها الخط المستقيم مع المحور الافقي x .

العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية والقطبية :

العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية (x, y) والاحداثيات القطبية (r, θ) يمكن ملاحظتهما من المثلث في الشكل التالي:



أولاً: للتحويل من الاحداثي الكارتيزي (x, y) الى احداثي القطبي (r, θ) نطبق العلاقات التالية

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x} \Rightarrow \theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

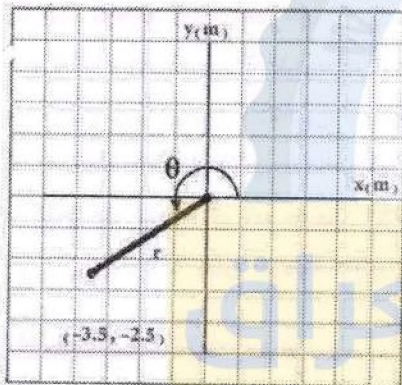
ثانياً: للتحويل من الاحداثي القطبي (r, θ) الى الاحداثي الكارتيبي (x, y) نطبق العلاقات التالية :

$$x = r \cos \theta \quad \dots\dots (1)$$

$$y = r \sin \theta \quad \dots\dots (2)$$

معلومات رياضية مهمة للتحويل من الاحداثي الكارتيبي الى القطبية

- 1- النقطة (X, y) تقع في الربع الاول فان اتجاهها θ .
- 2- النقطة $(-X, y)$ تقع في الربع الثاني فان اتجاهها $180^\circ - \theta$
- 3- النقطة $(-X, -y)$ تقع في الربع الثالث فان اتجاهها $180^\circ + \theta$
- 4- النقطة $(X, -y)$ تقع في الربع الرابع فان اتجاهها $360^\circ - \theta$



مثال / اذا كانت المحاور الكارتيبية لنقطة تقع في المستوي (x, y)

هي $(-3.5, -2.5)$ عين المحاور القطبية لهذه النقطة

$$\text{علما ان } \tan 35.53 = 0.714$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{الحل /}$$

$$r = \sqrt{(-3.5)^2 + (-2.5)^2}$$

$$r = 4.3 \text{ m مقدار المتجه}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{-2.5 \text{ m}}{-3.5 \text{ m}} = 0.714$$

ولتعيين اتجاه المتجه r نستخدم العلاقة

$$\theta = \tan^{-1} 0.714 \text{ نجد الزاوية التي ظلها } 0.714 \text{ من الجداول او الحاسبة وتكون } \theta = 35.53$$

ولكن المتجه r يقع في الربع الثالث $\theta = 180 + 35.53 = 215.53$ اذن $(r, \theta) = (4.3, 215.53)$

مثال / حول الاحداثيات التالية من نظام كارتيبي الى نظام قطبي

$$\vec{A}(3, -4), \vec{B}(-4, 3), \vec{C}(-6, -6)$$

$$\vec{A}(3, -4) \quad \text{الحل /}$$

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(3)^2 + (-4)^2} = \sqrt{(9) + (16)} = \sqrt{25} = 5 \text{ unit} \quad (1) \text{ نجد } r \text{ من العلاقة التالية :}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{-4}{3} \quad (2) \text{ نجد } \theta \text{ من العلاقة التالية :}$$

$$\therefore \theta = 53^\circ \text{ (وجدناها من الجداول او حاسبة الجيب الصغير)}$$

لذا فان θ تقع في الربع الرابع ، وعليه تكون θ

$$\theta = 360 - 53 = 307^\circ \text{ فيكون الاحداثي القطبي هو } (5, 307^\circ)$$



$$\vec{B}(-4,3)$$

ان الاحداثيات القطبية هي: (r, θ)

(1) نجد r من العلاقة التالية:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-4)^2 + (3)^2} = \sqrt{(16) + (9)} = \sqrt{25} = 5 \text{ unit}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{3}{-4} \quad (2) \text{ نجد } \theta \text{ من العلاقة التالية:}$$

$\therefore \theta = 37^\circ$ (وجدناها من الجداول او حاسبة الجيب الصغيرة)

لذا فان θ تقع في الربع الثاني ، وعليه تكون θ

$$\theta = 180 - 37 = 143^\circ \text{ فيكون الاحداثي القطبي هو } (5, 143^\circ)$$

$$\vec{C}(-6, -6)$$

ان الاحداثيات القطبية هي: (r, θ)

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-6)^2 + (-6)^2} = \sqrt{(36) + (36)} = 6\sqrt{2} \text{ unit} \quad (1) \text{ نجد } r \text{ من العلاقة التالية:}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{-6}{-6} = 1 \quad (2) \text{ نجد } \theta \text{ من العلاقة التالية:}$$

$\therefore \theta = 45^\circ$ (وجدناها من الجداول او حاسبة الجيب الصغيرة)

لذا فان θ تقع في الربع الثالث ، وعليه تكون θ

$$\theta = 180 + 45 = 225^\circ \text{ فيكون الاحداثي القطبي هو } (6\sqrt{2}, 225^\circ)$$

استفد من الجدول الزاوي الخاصة الاكثر استخداما:

	0°	30°	60°	45°	37°	53°	90°	180°	270°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	1	0	-1
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{5}$	0	-1	0
tan	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{3}$	غير معرف	0	غير معرف

معلومات رياضية هامة للتحويل من الاحداثي القطبي الى الاحداثي الكارتيبي:

★ نلاحظ الزاوية المعطاة عند أي ربع تقع فاذا كانت:

-1 $(90^\circ > \theta > 0)$ فانها تقع في الربع الاول عندها تعوض مباشرة مع مراعاة اشارة $(\cos(+), \sin(+))$.

-2 $(180^\circ > \theta > 90)$ فانها تقع في الربع الثاني عندها تطرح من 180° $(180 - \theta)$ مع مراعاة اشارة $(\cos(-), \sin(+))$.

-3 $(270^\circ > \theta > 180)$ فانها تقع في الربع الثالث عندها تطرح من 180° من الزاوية θ $(\theta - 180)$ مع مراعاة اشارة $(\cos(-), \sin(-))$.

-4 $(180^\circ > \theta > 270)$ فانها تقع في الربع الرابع عندها تطرح من 360° $(\theta - 180)$ مع مراعاة اشارة $(\cos(+), \sin(-))$.

مثال / حول الاحداثيات التالية من نظام قطبي الى نظام كارتيزي

الحل / 1 (4, 60°)

 $\theta = 60^\circ$, $r = 4$ تقع في الربع الاول فان اشارة (Cos (+), Sin (+))

$$x = r \cos 60^\circ = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2$$

$$y = r \sin 60^\circ = 4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}$$

∴ الاحداثي الكارتييزي لها (2, 2√3)

2 (5, 127°)

الحل / $\theta = 127^\circ$, $r = 5$ تقع في الربع الثاني فان اشارة (Cos (-), Sin (+)) $\theta = 180 - 127 = 53^\circ$

$$x = r \cos \theta^\circ = 5 \cdot \frac{3}{5} = -3 , y = r \sin \theta^\circ = 5 \cdot \frac{4}{5} = 4$$

∴ الاحداثي الكارتييزي لها (-3, 4)

3 (8, 210°)

الحل / $\theta = 210^\circ$, $r = 8$ تقع في الربع الثالث فان اشارة (Cos (-), Sin (-)) $\theta = 210 - 180 = 30^\circ$

$$x = r \cos \theta^\circ = 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = -4\sqrt{3} , y = r \sin \theta^\circ = 8 \cdot \frac{1}{2} = -4$$

∴ الاحداثي الكارتييزي لها (-4√3, -4)

4 (2, 315°)

الحل / $\theta = 315^\circ$, $r = 2$ تقع في الربع الرابع فان اشارة (Cos (+), Sin (-)) $\theta = 360 - 315 = 45^\circ$

$$x = r \cos \theta^\circ = 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} , y = r \sin \theta^\circ = 2 \cdot \frac{-1}{\sqrt{2}} = -\sqrt{2}$$

∴ الاحداثي الكارتييزي لها (√2, -√2)

فكر / اذا كانت الاحداثيات الكارتييزية لنقطة هي (2, Y) والاحداثي القطبي لها (r, 30°) عين قيمة (y, r).

الكميات القياسية والكميات المتجه :

الكميات القياسية : وتسمى كميات مقدارية او عددية

(scalar quantities) يتم وصفها بقياسها بذكر مقدارها العددي مع ذكر وحدته قياسها وعند حسابها تخضع

لقوانين الجبر الاعتيادي مثال ذلك

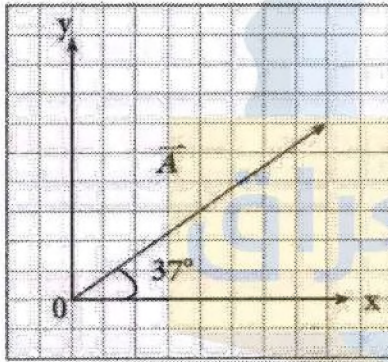
المسافة (d) , الانطلاق (S) , الكتلة (m) , الشغل (w) , الزمن (t) , درجة الحرارة (T) , الحجم (v) .

الكميات المتجه : ويتم وصفها بقياسها بذكر مقدارها واتجاهها وعند حسابها تخضع لقوانين الجمع الاتجاهي وتمثل برمز فوقه سهم للدلالة على انها كمية متجه مثال ذلك الإزاحة (\vec{X}) ، السرعة (\vec{v}) ، التعجيل (\vec{a}) القوة (\vec{F}) ، المجال الكهربائي (\vec{E})

ملاحظات

- (1) أي كمية متجه داخل علامة المطلق أي $|\vec{A}|$ فإنها تمثل مقدارها وتكون القيمة دائماً موجبة .
- (2) تمثل الكميات المتجه بيانياً بسهم بحيث .
- (a) طول السهم يمثل مقدار الكمية المتجه وذلك باستعمال مقياس رسم مناسب .
- (b) اتجاه السهم يشير إلى اتجاه الكمية المتجه
- (c) نقطة البداية هي نقطة تأثير المتجه .

مثلاً /



في الشكل المجاور المتجه \vec{A} مقداره 10 وحدات .

واتجاهه 37° مع محور x الموجب ونقطة التأثير

(نقطة البداية) هي O

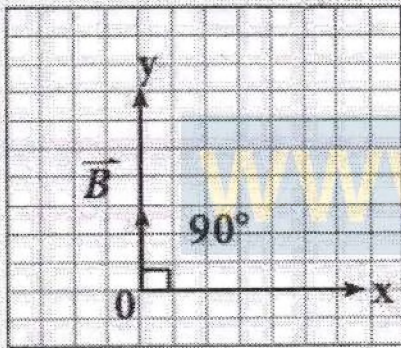
في الشكل المجاور المتجه \vec{B} مقداره 3 وحدات

واتجاهه $\theta = 90^\circ$ مع محور x الموجب ونقطة التأثير O .

ملاحظة :

في بعض كتب الفيزياء يرمز للمتجه بحرف غامق أي لا يوجد سهم

أعلى الرمز أي $\vec{F} = F$



س/ **صنف الكميات التالية الى كميات متجهه وقياسية معبرا عنها بالرمز المناسب .**

ج/

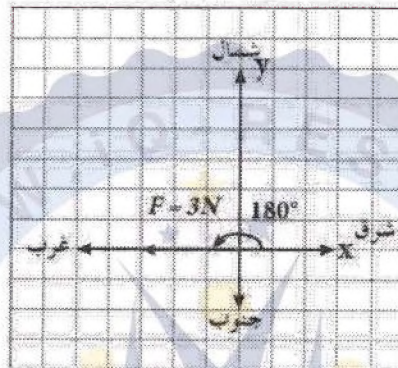
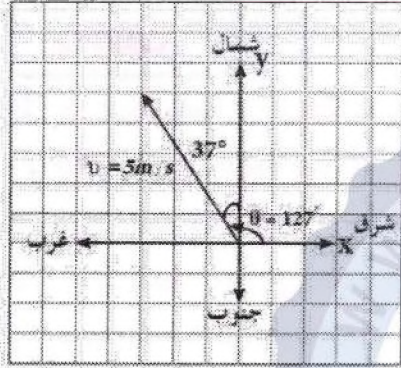
الكمية	رمزها	نوعها
مجال كهربائي	\vec{E}	متجه
زمن	T	قياسية
شحنة كهربائية	q	قياسية

الكمية	رمزها	نوعها
المسافة	d	قياسية
القوة	\vec{F}	متجه
تيار كهربائي	I	قياسية
تعجيل	\vec{a}	متجه

س/ عبر عن الكميات المتجه التالية رياضياً وبيانياً .

(1) القوة \vec{F} مقدارها 3 N تؤثر في جسم باتجاه الغرب .

(2) جسم سرعته \vec{v} مقدارها 5 m/s يصنع زاوية مقدارها 37° غرب الشمال .



ج / 1 $|\vec{F}| = 3N$ او يكتب $F = 3N$

واتجاهها هو 180°

اي غرباً باتجاه محور X السالب

2 $|\vec{v}| = 5 \text{ m/s}$ او يكتب $v = 5 \text{ m/s}$

واتجاهها غرب الشمال بزاوية 37°

في الربع الثاني

اي $\theta = 37 + 90 = 127^\circ$ مع الاتجاه الموجب لمحور X.

خصائص المتجهات Properties of Vectors

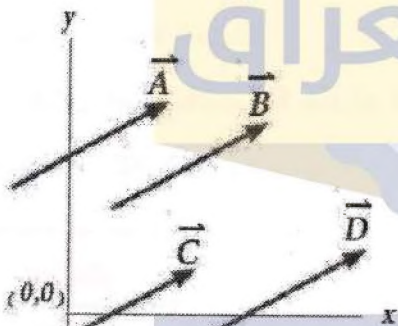
تتميز المتجهات بالخصائص التالية

(1) التساوي / Equality

جميع المتجهات التي لها نفس المقدار (نفس طول السهم)

ونفس الاتجاه بغض النظر عن نقطة البداية فان المتجهات متساوية

(مقداراً واتجاهاً) . ومن الشكل التالي سيكون $\vec{A} = \vec{B} = \vec{C} = \vec{D}$



(2) سالب المتجه / Negative of a vector

سالب المتجه هو متجه يمتلك المقدار نفسه للمتجه A

الا انه يعاكسه بالاتجاه.

يرمز لسالب المتجه A بالرمز $-\vec{A}$

ان المتجه وسالب المتجه يكونان متساويين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه

(اي لهما نفس طول السهم)

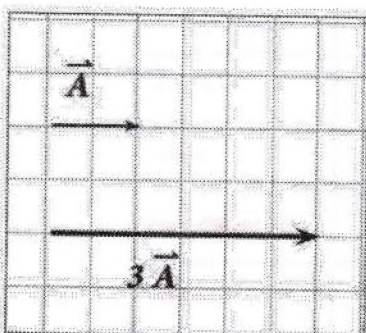
(3) ضرب المتجه بكمية قياسية (كمية مقدارية)

س/ ماذا يحصل عند ضرب المتجه بكمية قياسية؟

ج/ أي متجه يضرب بكمية قياسية ينتج عنه متجه اخر بنفس

الاتجاه لكن مقداره مختلف

مثال ذلك /



عند ضرب المتجه \vec{A} بالمقدار 3 فانه ينتج $3\vec{A}$ وبنفس الاتجاه

القوة بنفس اتجاه التعجيل

القوة بنفس اتجاه المجال الكهربائي

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{كذلك}$$

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

حيث m الكتلة ، q الشحنة (كميات مقدارية)

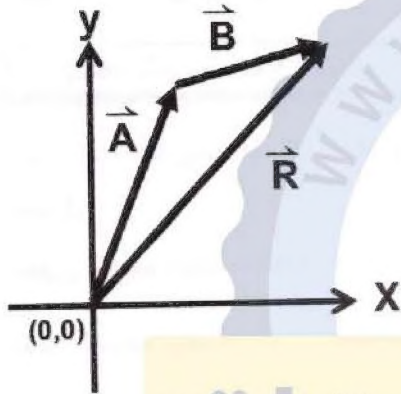
جمع المتجهات Vectors addition

الكميات المتجهة لا تجمع جبرياً وإنما هندسياً وهناك طريقتين .

عند جمع متجهين أو أكثر لا بد أن تكون هذه المتجهات لمقدار فيزيائي واحد فلا يمكن مثلاً جمع متجه الازاحة مع

متجه السرعة وهناك عدّة طرق لجمع المتجهات :

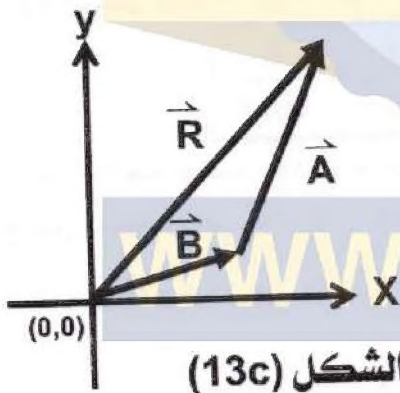
1- طريقة الرأس والتذييل



نرسم المتجه \vec{A} ثم نقوم بوضع ذيل لمتجه \vec{B} عند رأس المتجه \vec{A}
ثم نصل بخط مستقيم بين ذيل المتجه \vec{A} ورأس المتجه \vec{B}
ويمثل هذا الخط المستقيم متجه حاصل الجمع ويسمى \vec{R}
متجه المحصل ((لاحظ الشكل))

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

الشكل (13b)



يمكن رسم المتجه الثاني \vec{B} أولاً ثم نضع ذيل لمتجه \vec{A}

عند رأس المتجه \vec{B} ((لاحظ الشكل))

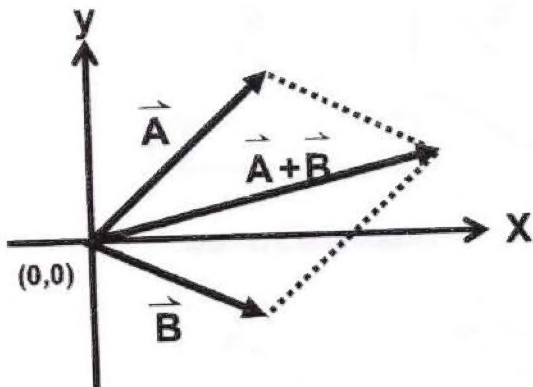
عندما محصلة المتجه \vec{R} هو نفسه

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$$

مما يعني أن أي جمع المتجهات تمتاز بالخاصية الابدالية.

الشكل (13c)

2 - طريقة متوازي الاضلاع



يرتبط ذيل المتجه الاول \vec{A} بذيل المتجه الثاني \vec{B}

ومن ثم وعلى امتداد المتجهين يرسم متوازي الاضلاع

ويكون قطره من نقطة تلاقي المتجهين

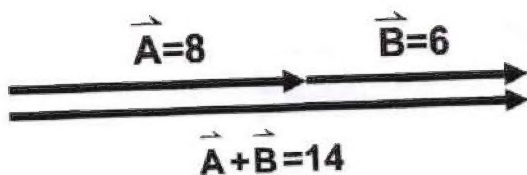
هي محصلة جمع المتجهين $(\vec{A} + \vec{B})$

3 - جمع المتجهات المتوازية

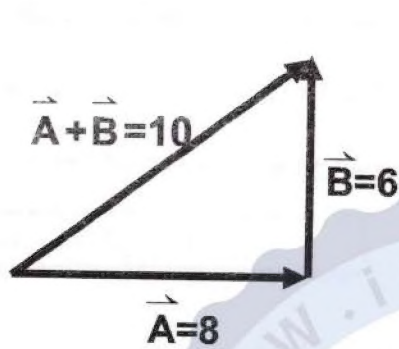
المتجهات المتوازية والتي بنفس الاتجاه تجمع جمعاً جبرياً

أما المتجهات المتوازية والتي بعكس الاتجاه تطرح جبرياً

((مع مراعاة اشارات المتجهات على المحاور الكارتيزية)) .



4 - جمع المتجهات المتعامدة



تستعمل هذه الطريقة عندما تكون الزاوية بين المتجهين \vec{B}, \vec{A} قائمة (90°)

وبذلك يمكننا تطبيق نظرية فيثاغورس

لايجاد مقدار المتجه المحصلة للمتجهين (\vec{B}, \vec{A})

$$R = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{100} = 10$$

5 - جمع المتجهات الغير متعامدة

❖ تستعمل هذه الطريقة اذا كانت الزاوية بين المتجهين \vec{B}, \vec{A} لا تساوي (90°) ويمكن جمع المتجهين غير المتعامدين باستعمال:

أولاً/ قانون جيب التمام (cosine)

مربع مقدار المتجه المحصل يساوي مجموع مربعي مقداري المتجهين مطروحاً منه ضعف حاصل ضرب مقداري المتجهين

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos$$

مضروباً في cosine الزاوية التي بينهما والمقابلة الى \vec{R}

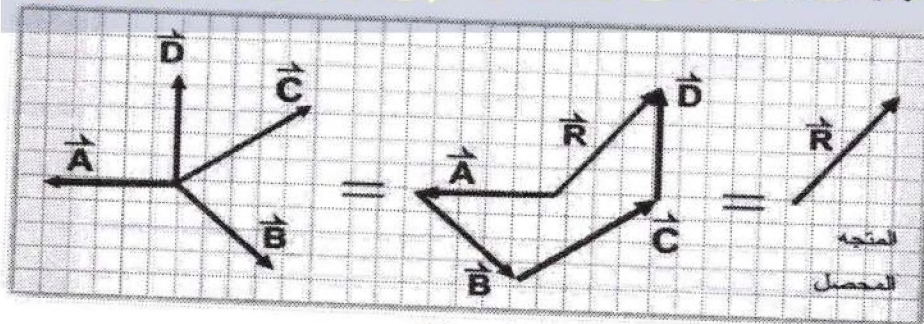
ثانياً/ قانون الجيب Sine

مقدار المتجه المحصل مقسوماً على sine الزاوية التي تقابله يساوي مقدار أحد المتجهين مقسوماً على sine الزاوية

$$\frac{R}{\sin\alpha} = \frac{A}{\sin\alpha} = \frac{B}{\sin\beta}$$

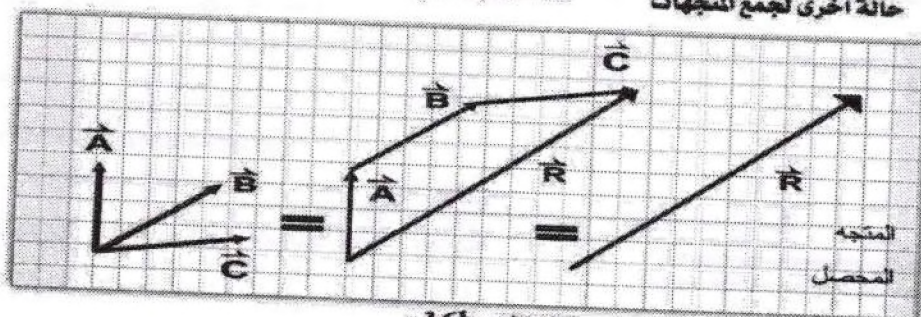
التي تقابله.

❖ يمكن ايجاد المتجه المحصل لثلاثة متجهات او أكثر والتي تبدأ من نقطة التأثير نفسها ويتم جمع هذه المتجهات بوضع ذيل المتجه الثاني عند رأس المتجه الاول وثم ذيل المتجه الثالث عند رأس المتجه الثاني وهكذا ثم يرسم متجه المحصل \vec{R} بحيث يكون ذيل \vec{R} عند ذيل المتجه الاول ورأسه ينطبق على رأس المتجه الاخير كما في الشكل



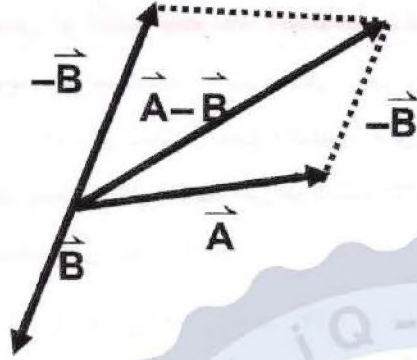
الشكل (16a)

حالة اخرى لجمع المتجهات



الشكل (16b)

طرح المتجهات



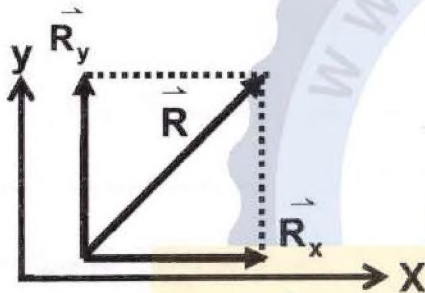
يمكن ان نعرف حاصل طرح المتجهين $(-\vec{B}, \vec{A})$

على انه حاصل جمع المتجهين $(-\vec{B}, \vec{A})$

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

اي ان :

تحليل المتجه



يبين الشكل التالي المتجه \vec{R} وقد تم تحليله الى مركبتين

تمثلان متجهين متعامدين احدهما يوازي المحور X

(ويسمى المركبة الافقية) ويمثلها المتجه \vec{R}_x

والاخر يوازي المحور Y (ويسمى المركبة الشاقولية)

ويمثلها المتجه \vec{R}_y وهذه تسمى عملية تحليل المتجه الى المركبات.

❖ حيث ان (\vec{R}_x, \vec{R}_y) يمثلان ضلعان قائمان في مثلث قائم الزاوية والمتجه المحصل \vec{R} يمثل الوتر في المثلث

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

ويحسب مقداره طبقاً لنظرية فيثاغورس كما يأتي :

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

اما اتجاه \vec{R} يحدد بالزاوية θ حيث ان

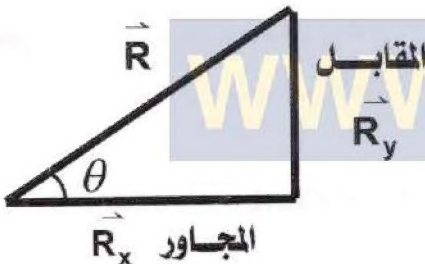
❖ ولعرفة مقدار مركبتيه الشاقولية والافقية نستعمل المعادلتين

$$R_x = R \cos \theta$$

مقدار المركبة الافقية

$$R_y = R \sin \theta$$

مقدار المركبة الشاقولية



مثال 3 / اذا كان مقدار المتجه \vec{A} يساوي 175m ويميل بزاوية 53° عن المحور x جد مركبتي المتجه \vec{A} .

$$\theta = 53^\circ, A = 175m$$

الحل :

$$A_x = A \cos 53^\circ = 175 \times \frac{4}{5} = 140m$$

المركبة الافقية

$$A_y = A \sin 53^\circ = 175 \times \frac{3}{5} = 105m$$

المركبة الشاقولية

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصراً

موبايل / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢ / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١



ايجاد محصلة متجهين او أكثر بطريقة التحليل المتعامد

❖ ان عملية تحليل المتجه الى مركبتيه الافقية على المحور X

والشاقولية على المحور Y يسهل عملية جمع المتجهات من الناحية الحسابية فيمكن جمع متجهين أو أكثر مثل $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \dots$ الخ وذلك بتحليل كل متجه الى مركبتيه الافقية والشاقولية أولاً ثم تجمع المركبات الافقية فتكون

المركبة الافقية المحصلة على المحور X هي:

$$\vec{R}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x + \vec{C}_x$$

وتجمع المركبات الشاقولية المحصلة على المحور Y:

$$\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y + \vec{C}_y$$

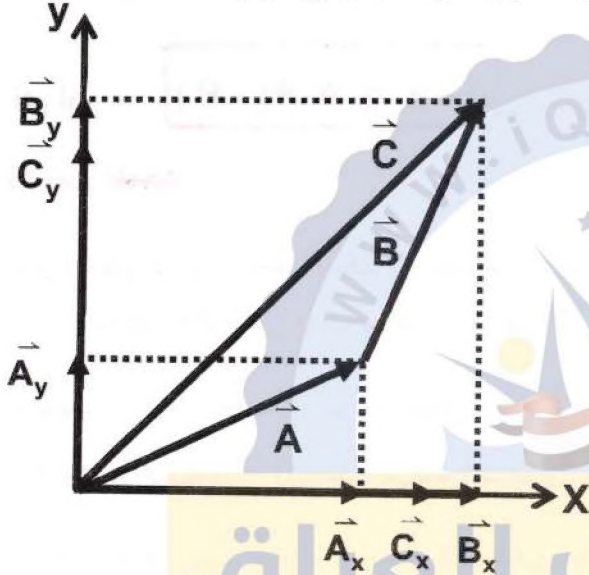
وبما ان \vec{R}_x و \vec{R}_y متعامدان يمكن حساب المحصلة

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

باستعمال نظرية فيثاغورس

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

واتجاه المحصلة



مثال 4 / المتجه A طوله 14cm ويصنع زاوية قياسها 60° مع الاتجاه الموجب للمحور X،

والمتجه B طوله 20cm ويصنع زاوية قياسها 20° مع الاتجاه الموجب للمحور X.

حل المتجهين A, B الى مركبتيهما ثم احسب مقدار واتجاه المتجه المحصل R.

الحل / من ملاحظتنا للشكل (22)

فان مقادير المركبات الافقية والشاقولية للمتجهات هي:

المركبة الافقية

$$A_x = A \cos 60^\circ = 14 \times 0.5 = 7 \text{ cm}$$

المركبة الشاقولية

$$A_y = A \sin 60^\circ = 14 \times 0.866 = 12.12 \text{ cm}$$

المركبة الافقية

$$B_x = B \cos 20^\circ = 20 \times 0.940 = 18.79 \text{ cm}$$

المركبة الشاقولية

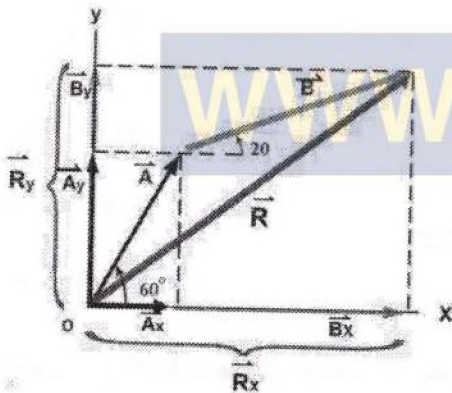
$$B_y = B \sin 20^\circ = 20 \times 0.342 = 6.84 \text{ cm}$$

نحسب مقدار محصلة المركبتين الشاقوليتين \vec{R}_y

$$\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y \rightarrow R_y = 12.12 + 6.84 = 18.96 \text{ cm}$$

\vec{R}_x

نحسب مقدار محصلة المركبتين الافقيتين



$$\vec{R}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x \Rightarrow \vec{R}_x = 7 + 18.79 = 25.79 \text{ cm}$$

ومقدار المتجه المحصل \vec{R} يتم ايجاده بتطبيق نظرية فيثاغورس $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

$$R = \sqrt{(25.79)^2 + (18.96)^2}$$

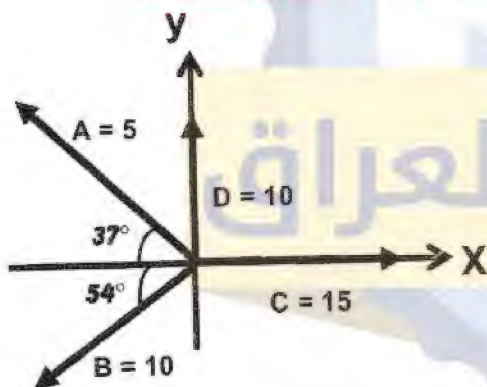
$$R = 32 \text{ cm}$$

ويمكن ايجاد اتجاه المتجه المحصل \vec{R} بالنسبة الى المحور X من العلاقة الاتية :

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x} \Rightarrow \tan \theta = \frac{18.96}{25.79} = 0.735$$

قياس زاوية θ مع الاتجاه الموجب للمحور X $\therefore \theta = 36^\circ$

مثال / من معلومات الشكل المجاور جد مقدار واتجاه المحصلة بطريقة التحليل المتعامد
الحل:



(1) نحلل كل قيمة الى مركبتيه الافقية والשאقولية

$$A_x = A \cos 37 = 5 \times \frac{4}{5} = -4 \quad \text{باتجاه الغرب}$$

$$A_y = A \sin 37 = 5 \times \frac{3}{5} = 3 \quad \text{باتجاه الشمال}$$

$$B_x = B \cos 53 = 10 \times \frac{3}{5} = -6 \quad \text{باتجاه الغرب}$$

$$B_y = B \sin 53 = 10 \times \frac{4}{5} = -8 \quad \text{باتجاه الجنوب}$$

$$C_x = C \cos 0 = 15 \times 1 = 15 \quad \text{باتجاه الشرق}$$

$$C_y = C \sin 0 = 15 \times 0 = 0 \quad \text{باتجاه الشمال}$$

$$D_x = D \cos 90 = 10 \times 0 = 0 \quad \text{باتجاه الشرق}$$

$$D_y = D \sin 90 = 10 \times 1 = 10 \quad \text{باتجاه الشمال}$$

$$\vec{R}_x = A_x + B_x + C_x + D_x = -4 - 6 + 15 + 0 = 5 \quad (2) \text{ نجمع المركبات الافقية}$$

نجمع المركبات الشاقولية

$$\vec{R}_y = A_y + B_y + C_y + D_y = 3 - 8 + 0 + 10 = 5$$

(3) مقدار المحصلة باستخدام نظرية فيثاغورس

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

$$= 25 + 25 + 50 \Rightarrow R = 5\sqrt{2}$$

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{5}{5} = 1 \quad (4) \text{ اتجاه المحصلة}$$

اي ان $\theta = 45^\circ$ باتجاه شرق الشمال (في المربع الاول) $(R_x (+), R_y (+))$



فكر : اي واحد من متجهات الازاحة المبينة في الجدول ادناه تكون متساوية .

المتجه Vector	مقداره Maynitude	اتجاهه Direction	الرسم
\vec{A}	100 m	30 شمال الشرق	
\vec{B}	100 m	30 جنوب الغرب	
\vec{C}	100 m	30 جنوب الشرق	
\vec{D}	100 m	60 شرق الشمال	
\vec{E}	100 m	60 غرب الجنوب	

ضرب المتجهات :

هناك طريقتين لضرب المتجهات

اولا - الضرب القياسي (النقطي) (scalar product (dot product))

يسمى نقطياً لأن اشارة الضرب فيه هي النقطة ويسمى قياسياً لأن ناتج ضرب كمية متجه بكمية متجه اخرى كمية قياسية .

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$$

يعرف الضرب القياسي (النقطي) للمتجهين $\vec{A} \cdot \vec{B}$ كما ياتي

θ هي الزاوية المحصورة بين \vec{A} , \vec{B}

ثانيا - الضرب الاتجاهي (Cross product) Vector product

ان ناتج الضرب الاتجاهي هو كمية متجه حيث ينتج عن حاصل ضرب المتجهين متجهاً اخر ثالث يكون

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

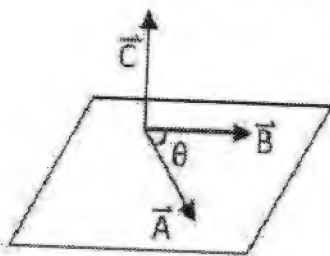
اتجاهه عمودي على المستوى الذي يحوي المتجهين \vec{A} , \vec{B}

ويعرف الضرب الاتجاهي رياضياً كما ياتي :

$$|\vec{C}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta$$

حيث مقدار المتجه \vec{C} هو θ الزاوية بين المتجهين وتطبق قاعدة الكف اليمنى لتعين اتجاه المتجه

الحصل للضرب الاتجاهي للمتجهين (ندير اصابع الكف اليمنى من اتجاه \vec{A} نحو \vec{B} فيشير الابهام الى اتجاه \vec{C})

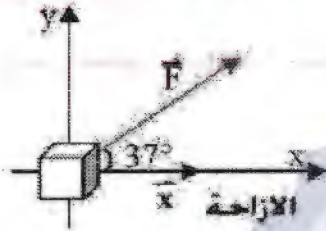


الشغل كمية عددية ناتجة عن ضرب متجه القوة في متجه الازاحة ضرباً عددياً (displacement)

$$W(\text{work}) = \vec{F} \cdot \vec{X} \quad (\text{Force}) \cdot \vec{X}$$

مثال / اثرت قوة 40 N باتجاه 37° فوق الافق في جسم فحركته ازاحة 10 m بالاتجاه الافقي احسب

مقدار الشغل الذي تبذله تلك القوة.



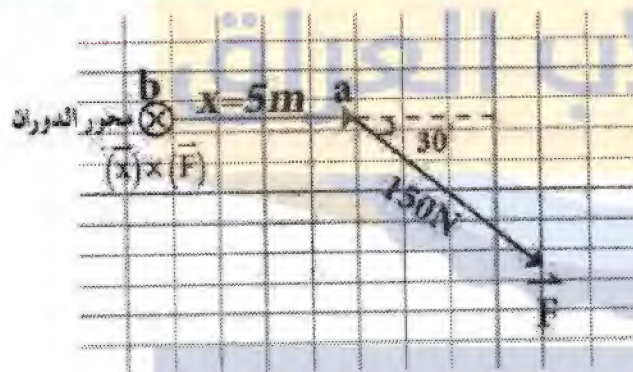
$$W = \vec{F} \cdot \vec{X} \rightarrow W = |\vec{F}| |\vec{X}| \cos \theta$$

$$W = (40) (10) (\cos 37) = 40 \times 10 \times \frac{4}{5} = 320 \text{ Joul}$$

عزم القوة كمية اتجاهية ناتجة عن ضرب متجه القوة في متجه الازاحة ضرباً اتجاهياً

مثال / اثرت قوة F ومقدارها 150 N في عتلة ab عند نقطة a وباتجاه 30° جنوب الشرق والتي تبعد

بالازاحة X والتي مقدارها 5 m في نقطة b الى نقطة a جد مقدار المتجه المحصل $\vec{X} \times \vec{F}$



$$|\vec{X} \times \vec{F}| = |\vec{X}| |\vec{F}| \sin \theta \quad \text{الحل}$$

$$|\vec{X} \times \vec{F}| = 5 \times 150 \times \frac{1}{2}$$

$$|\vec{X} \times \vec{F}| = 375 \text{ N.m}$$

باتجاه بعيداً عن القارئ خارج

الصفحة (•) طبقاً لقاعدة الكف اليمنى

ملاحظة: عندما تكون $\theta = 0$ فان:

$$1) \quad |\vec{A} \times \vec{A}| = |\vec{A}| |\vec{A}| \cos 0 = A^2$$

$$\text{لأن } \cos 0 = 1$$

$$3) \quad \text{اذا كان المتجهان } \vec{A} \text{ , } \vec{B} \text{ متعامدان}$$

$$\text{فان } \vec{A} \cdot \vec{B} = 0 \text{ حيث } \cos 90 = 0$$

$$\text{, } \sin 90 = 1, \quad \vec{A} \times \vec{B} = AB$$

$$5) \quad \vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

خاصية الابدال تتحقق بالضرب القياسي

$$2) \quad |\vec{A} \times \vec{A}| = |\vec{A}| |\vec{A}| \sin 0 = 0$$

$$\text{لأن } \sin 0 = 0$$

$$4) \quad \text{اذا كان المتجهان } \vec{A} \text{ , } \vec{B} \text{ متوازيان}$$

$$\text{فان } \vec{B} \cdot \vec{A} = AB \quad \cos 0 = 1$$

$$\vec{B} \times \vec{A} = 0 \quad \sin 0 = 0$$

$$6) \quad \vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$$

خاصية الابدال لا تتحقق بالضرب الاتجاهي

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصراً

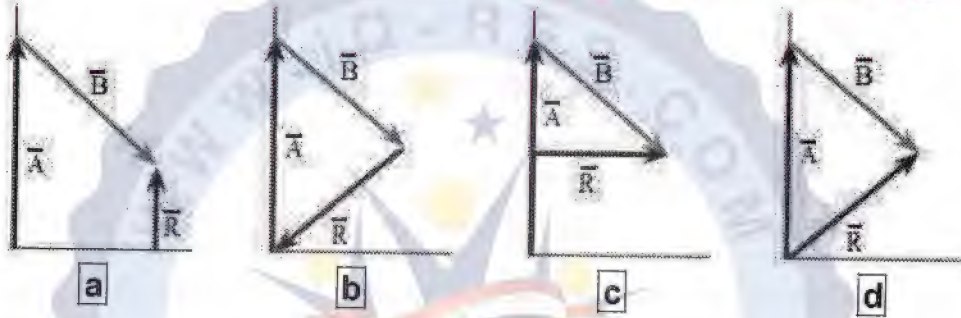
موبايل / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢ / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١



اسئلة الفصل الاول

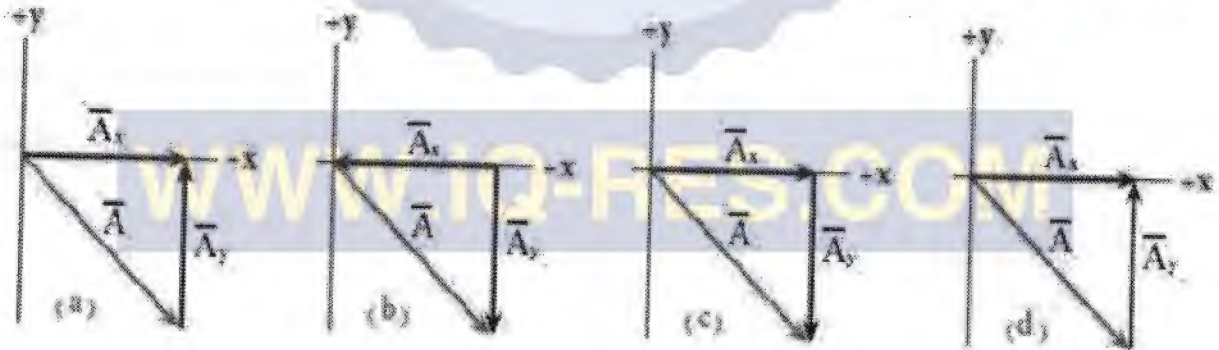
س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما ياتي/

1. متجهي الازاحة (\vec{A} , \vec{B}) جمعا سويه للحصول على قيمة الازاحة \vec{R} اي من الاشكال التالية يوضح بصورة صحيحة المتجه الحاصل لهما .



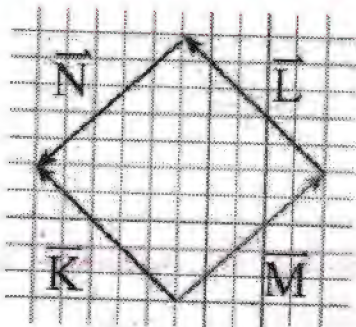
ج / هو شكل **d** انطباق ذيل المتجه الثاني على راس المتجه الاول عندئذ تكون المحصلة في ذلك المتجه تشير من ذيل المتجه الاول الى راس المتجه الثاني .

2. قطع شخص ازاحة \vec{A} باتجاه الجنوب الشرقي اي من الاشكال التالية يوضح المركبتين \vec{A}_x , \vec{A}_y للمتجه \vec{A}



ج / هو شكل **c** المحصلة من ذيل الاول الى راس الثاني .

- 3- اي زوج من المتجهات (\vec{K} , \vec{L} , \vec{M} , \vec{N}) الموضحة في الشكل المجاور متساويان

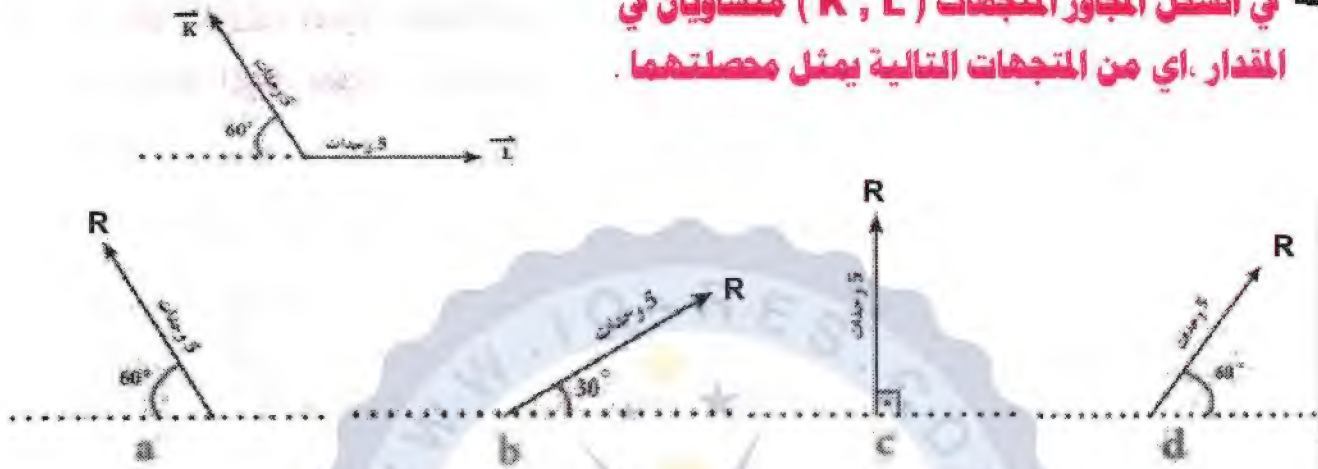


\vec{K} and \vec{M} . **b**
 \vec{N} and \vec{L} . **d**

\vec{K} and \vec{L} . **a**
 \vec{L} and \vec{M} . **c**

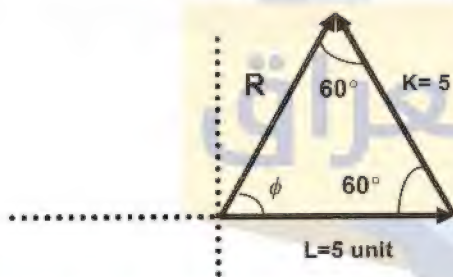
ج / هو شكل **a** \vec{K} and \vec{L}

4- في الشكل المجاور المتجهات (K , L) متساويان في المقدار، أي من المتجهات التالية يمثل محصلتهما .



ج / د التوضيح لايجاده زاوية المتجه نستخدم قانون الجيب $R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta}$

نرفع المتجه K ونضع ذيله في راس المتجه L فتكون المحصلة من يل المتجه L الى راس المتجه K

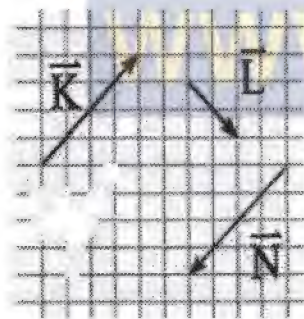


$$R = \sqrt{25 + 25 - 50 \times \frac{1}{2}} = \sqrt{25} = 5$$

$$\frac{R}{\sin 60} = \frac{K}{\sin \phi} \Rightarrow \frac{5}{\sin 60} = \frac{5}{\sin \phi} \Rightarrow \sin \phi = \sin 60 \Rightarrow \phi = 60^\circ$$

ملاحظة/ كذلك من مبرهنات المثلثات يمكن ايجاد زاوية المحصلة من معلومة اذا تساوت اضلاع المثلث فان زوايا رؤوس المثلث متساوية

5- المتجهات (K , L , N) كما موضح في الشكل المجاور اي من المعادلات الآتية غير صحيحة



a - معادلة 1

$$\vec{K} = \vec{N} \quad (1)$$

b - معادلة 2

$$\vec{K} + \vec{L} + \vec{N} = \vec{L} \quad (2)$$

c - معادلة 3

$$\vec{K} + \vec{N} = \vec{0} \quad (3)$$

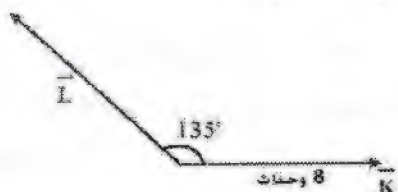
d - معادلة 1, 2, 3

الجواب / a - معادلة 1 غير صحيحة

6- اذا كان المتجه المحصل للمتجهين K , L يكون عموديا على المتجه K

(لاحظ الشكل المجاور) فان مقدار المتجه L يساوي

(a) 8 وحدات (b) $4\sqrt{3}$ وحدات (c) $4\sqrt{2}$ وحدات (d) $8\sqrt{2}$ وحدات



ج / د $8\sqrt{2}$ وحدات

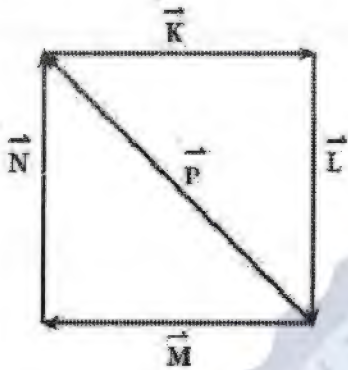
$$\frac{R}{\sin 45} = \frac{L}{\sin 90} = \frac{K}{\sin 45}$$

$$\frac{L}{1} = \frac{8}{\frac{1}{\sqrt{2}}} \Rightarrow \frac{1}{2} L = 8 \Rightarrow L = 8\sqrt{2}$$

التوضيح : من قانون الجيب .

7 - اي من المعادلات الآتية للمتجهات \vec{P} , \vec{N} , \vec{M} , \vec{L} , \vec{K}

في الشكل المجاور تكون غير صحيحة



-a معادلة 1

$$\vec{K} + \vec{L} - \vec{M} - \vec{N} = -2\vec{P} \quad (1)$$

-b معادلة 1, 2

$$\vec{K} + \vec{L} + \vec{M} + \vec{N} = 0 \quad (2)$$

-c معادلة 1, 2, 3

$$\vec{N} + \vec{M} = \vec{P} \quad (3)$$

-d معادلة 4

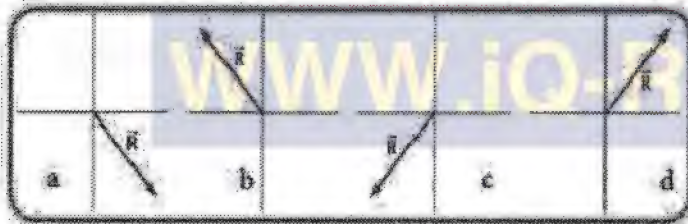
$$(-\vec{K} + \vec{L}) = -\vec{P} \quad (4)$$

$$(-\vec{K} + \vec{L}) = -\vec{P} \quad (4 / ج)$$

8 - في الشكل المجاور بين مركبتي المتجهين \vec{A} , \vec{B} والمتجه المحصل هو \vec{R}



ايا من الاشكال (a) و (b) و (c) و (d) المعبر عن حاصل جمع المتجهين $\vec{A} + \vec{B}$



الجواب / شكل (a)

التوضيح

$$\vec{B}_x - \vec{A}_x = 2 - 1 = 1 \text{ unit} \quad \text{باتجاه الشرق}$$

$$\vec{A}_y - \vec{B}_y = 2 - 1 = 1 \text{ unit} \quad \text{باتجاه الجنوب}$$

س2/ هل يمكن لمركبة متجه ان تساوي صفر؟ على الرغم من ان مقدار المتجه لايساوي صفر؟
وضح ذلك

الجواب / نعم التوضيح / مثال ذلك /

متجه ازاحة 5 m شرقاً فان مركبته العمودية $5\sin 0$ مقدار المركبة هنا صفر على الرغم من ان مقدار المتجه هو 5 m.

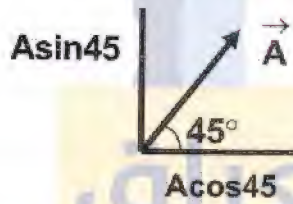
س3/ هل يمكن لمتجه ما ان يمتلك مقدار سالبا ؟ وضع ذلك .

ج / كلا لايمكن ان يمتلك مقدار سالبا لأن اي كمية متجه توضيح داخل علامة المطلق $|\vec{A}|$ فانها تمثل مقدارها وتكون دائما القيمة موجبة . يمكن القول ان المتجه يمتلك اتجاهاً سالبا وليس مقدارا سالبا .

س4/ اذا كان $\vec{A} + \vec{B} = 0$ مايمكنك ان تقول عن المتجهين .

ج / نقول ان المتجهين لهما نفس المقدار (نفس طول السهم) ومتوازيان ولكنهما متعاكسان بالاتجاه .

س5/ تحت اي ظروف يمكن لمتجه ان يمتلك مركبتين متساويتين بالمقدار .



ج / عندما يميل المتجه بزاوية 45° عن محور X الموجب

$$\text{لأن } A \sin 45 = A \cos 45$$

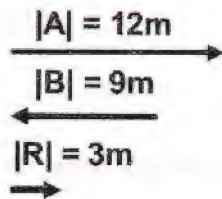
المركبة الافقية = المركبة العمودية

س6/ هل يمكن اضافة كمية متجه الى كمية قياسية ؟ وضع ذلك .

ج / كلا لايمكن لأن الكمية القياسية كمية مقدارية نستدل عليها من مقدارها ووحدتها قياسها والكمية الاتجاهية نستدل عليها من مقدارها واتجاهها ووحدتها قياسها وتجمع هندسياً وليس جبرياً .

س7/ اذا كان مقدار المتجه $|\vec{A}| = 12\text{m}$ ومقدار المتجه $|\vec{B}| = 9\text{m}$ ومقدار متجه المحصلة $|\vec{R}| = 3\text{m}$

وضع ذلك مع الرسم ؟



ج / اوضح ان المتجهين متوازيان ومتعاكسان بالاتجاه وان المحصلة باتجاه الكبرى

$$\vec{A} = 12\text{m} , \vec{B} = -9\text{m}$$

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} = 12 + (-9) = 3 \text{ وحدة } \vec{A} \text{ باتجاه}$$

س8/ اذا كانت مركبة المتجه \vec{A} التي تقع باتجاه المتجه \vec{B} تساوي صفر ماذا يمكنك ان تقول عن

المتجهين (\vec{B}, \vec{A})

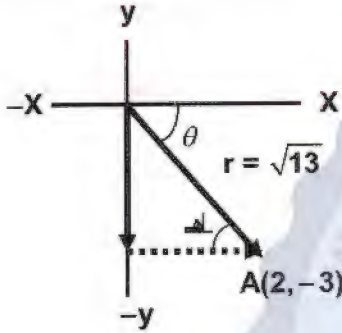
ج / نقول ان المتجهين (\vec{B}, \vec{A}) متعامدان وليكن \vec{A} ينطبق على محور X الموجب و \vec{B} ينطبق على محور Y

الموجب فإن المركبة العمودية للمتجه $\vec{A} = 0$ صفر اي $A \sin 0 = 0$ وينفس الوقت هي مع اتجاه \vec{B}

المسائل

س1/ النقطة A تقع في المستوي (x , y) احداثياتها (2 , -3) اكتب تعبير عن موقع المتجه \vec{r}_A

لهذه النقطة بصيغة اتجاهه وارسم مخطط يوضح اتجاه هذا المتجه .



الجواب / \vec{r}_A باتجاه جنوب الشرق

واضح من الرسم ان المتجه A له مركبتين افقية $A \cos \theta = 2$

وعمودية $A \sin \theta = -3$

اما اتجاه A من العلاقة $\tan \theta = \frac{A_y}{A_x} \leftarrow \tan \theta = \frac{-3}{2}$

بالاتجاه السالب $\theta = \tan^{-1} \frac{-3}{2} = -56.3^\circ$

س2/ ما مقدار الضرب النقطي $(\vec{B} \cdot \vec{A})$ للمتجهين (\vec{B}, \vec{A})

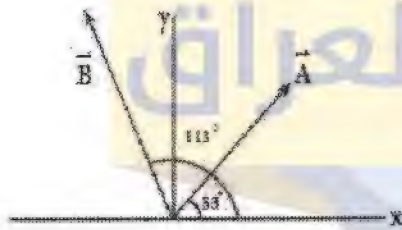
الموضحين في الشكل المجاور اذا كان

$|\vec{A}| = 4 \text{ units}$, $|\vec{B}| = 5 \text{ units}$

الجواب / $|\vec{A} \cdot \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$

θ الزاوية بين المتجهين $\theta = 113 - 53 = 60$

$|\vec{A} \cdot \vec{B}| = 4 \times 5 \cos 60 = 20 \times \frac{1}{2} = 10 \text{ unit}$



س3/ اذا كان مقدار المتجه A يساوي (6 units) وبالاتجاه الموجب لمحور X ومقدار المتجه B (4 units) باتجاه 30 مع المحور X ويقع في المستوي X اكتب مقدار حاصل الضرب الاتجاهي

للمتجهين $(\vec{A} \times \vec{B})$

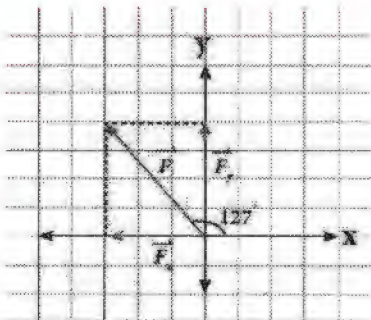


$A \times B = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta$

$= 6 \times 4 \sin 30 \rightarrow 24 \times \frac{1}{2} = 12 \text{ unit}$

س4/ جد مركبتي قوة (25N) تميل بزاوية (127°) عن المحور X علما ان $\cos 37^\circ = 0.8$

$\sin 37^\circ = 0.6$



الجواب / $\vec{F}_y = F \cos \theta = F \cos 37$

$\vec{F}_y = 25 \times 0.8 = 20 \text{ N}$

$\vec{F}_x = F \sin \theta = F \sin 37$

$\vec{F}_x = 25 \times 0.6 = 15 \text{ N}$

الفصل الثاني

الحركة الخطية Linear Motion

الحركة :

★ ان علم الميكانيك هو احد فروع علم الفيزياء الذي يهتم بدراسة حركة الاجسام ويقسم الى :

(1) **الكينماتيك** / وهو علم يهتم بوصف حركة الاجسام من دون النظر الى مسببات مثل الازاحة والسرعة.

(2) **الديناميك** / هو علم يهتم بمسببات الحركة مثل القوة والطاقة.

الحركة / هي التغيير المستمر في موقع الجسم بالنسبة الى نقطة تعتبر ثابتة تسمى نقطة الاسناد .

نقطة الاسناد

وهي النقطة تعد ثابتة بالنسبة للجسم المتحرك عنها وتعد بداية حركة وانطلاقه مثل (شجرة او منزل) ولا يمكن ان تتخذ الاجسام المتحركة بسرعة غير ثابتة نقطة اسناد مثل (السحب او طائرة متحركة)

انواع الحركة

١- **الحركة الانتقالية وتنقسم الى** / a- الحركة الخطية (مثل حركة السيارة)

b- الحركة الشاقولية (مثل قذف الجسم نحوه على)

c- الحركة في بعدين (مثل حركة المقذوفات)

٢- **الحركة الدائرية (مثل دوران القمر حول الارض)**

٣- **الحركة الدورية (مثل دوران الارض حول نفسها)**

٤- **الحركة الدورية او الاهتزازية (مثل حركة البندول او النابض الحزوني)**

❖ عزيزي الطالب ان الحركة الانتقالية هي موضوع دراستنا في هذا الفصل اما باقي انواع الحركة سندرسها لاحقا في الفصول القادمة.

الموقع والازاحة والمسافة : Position , Displacement and Distance

الموقع / هو كمية متجه لها مقدار واتجاه معين نسبة الى نقطة الاصل (نقطة الاسناد) على احد المحاور الكارتيزية الثلاثة (X, y, Z).

س / **متى يقال عن الجسم انه في حالة حركة؟**

ج / عندما يحدث الجسم تغييراً في موقعه نسبة الى نقطة اسناد ثابتة.

مثال (1) / لنفرض عداء في حالة حركة على خط مستقيم

على المحور X مبتعد عن نقطة الاصل (0)

فقد غير موقعه كما في الشكل وكان مقدار

موقعه الابتدائي ($X_i = +5m$)

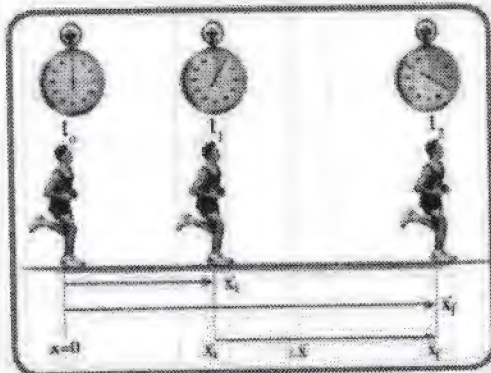
ومقدار موقعه النهائي ($X_f = +12m$)

[الاشارة الموجبة تعني ازاحة الجسم يمين المحور X]

ان التغير في موقع الجسم يسمى الازاحة فعلية فان الازاحة التي يقطعها العداء تكون

$$\Delta \vec{X} = \vec{X}_f - \vec{X}_i \Rightarrow 12 - 5 = +7m$$

الرمز Δ يعني التغير او الفرق ويلفظ ((دلتا))



الشكل (4)

الازاحة /

هو التغير في متجه موقع الجسم ويساوي الفرق بين الموقع الابتدائي X_i والموقع النهائي X_f وفق العلاقة $\Delta \vec{X} = \vec{X}_f - \vec{X}_i$ وهو من الكميات المتجهة ولحسابها تجمع جمعاً اتجاهياً.

مثال (2) / لنفرض ان العداء تحرك من موقعه الابتدائي $\vec{X}_i = +5m$ باتجاه معاكس الى موقعه النهائي

$$\Delta \vec{X} = \vec{X}_f - \vec{X}_i = 1 - 5 = -4m \text{ فان ازاحة العداء } x_f + 1m$$

[الاشارة السالبة تدل على ان ازاحة الجسم يسار المحور (X)].

س / هل يمكن للازاحة المقطوعة ان تساوي صفراً ومتى؟

ج / نعم، بما ان الازاحة كمية اتجاهية يمكن ان تكون صفراً عندما يتحرك الجسم من الموقع الابتدائي الى الموقع النهائي ثم يعود الى الموقع الابتدائي له.

مثال (3) / لنفرض ان العداء في المثال السابق تحرك من موقعه الابتدائي $\vec{X}_i = +5m$ فقطع (20 m) ثم

رجع الى موقعه النهائي $\vec{X}_f = +5m$ فان محصلة الازاحة للجسم تساوي صفراً

$$\Delta \vec{X} = (20 - 5) + (5 - 20) = 15 + (-15) = 0$$

المسافة /

هي مقدار المسافة المقطوعة للجسم المتحرك من دون النظر في اتجاهه وهي من الكميات القياسية تجمع جمعاً جبرياً.

مثال (4) / لو ان العداء تحرك من موقعه الابتدائي $\vec{X}_i = +5m$ فقطع (20 m) ثم رجع الى موقعه

النهائي $\vec{X}_f = +5m$ فان مقدار المسافة المقطوعة

$$d = d_1 + d_2 = 15m + 15m = 30m$$

فكر / لاعب كرة البيسبول يدور حول الملعب مسافة 110m ثم يعود الى نفس النقطة التي انطلق منها ما مقدار الازاحة المقطوعة والمسافة الكلية المقطوعة؟

س / متى تكون الازاحة المقطوعة تساوي المسافة الكلية المقطوعة؟

ج / عندما يتحرك الجسم على خط مستقيم ((باتجاه ثابت))

السرعة المتوسطة :

$$\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t_f - t_i}$$

هي النسبة بين تغير الازاحة الى التغير في الزمن حيث ان

✦ ان السرعة المتوسطة تعد من الكميات الاتجاهية تتخذ اشارة الازاحة نفسها فاذا كانت الازاحة باتجاه محور X

الموجب فان السرعة المتوسطة تكون موجبة واذا كانت الازاحة باتجاه محور X السالب فان السرعة المتوسطة

تكون سالبة.

$$\vec{v} = \frac{v_i + v_f}{2} \text{ معدل السرعة المتوسطة يساوي}$$

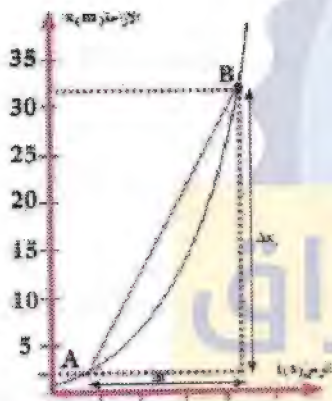
مثال / في الشكل التالي سيارة سباق تتحرك بخط مستقيم تبدأ من نقطة الاصل (0) عند الزمن (t=0) وليكن اتجاه حركة السيارة بالاتجاه الموجب للمحور (X) وبعد فترة زمنية (t_i = 1 sec) تصل السيارة موقع (A) والتي تبعد (2m) عن نقطة الاصل وبعد مرور زمن قدره t_f = 4sec تصل سيارة الى موقع (B) والتي تبعد (32m) احسب متوسط السرعة السيارة بين موقع A و B.



الحل / متوسط السرعة

$$\bar{v}_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\bar{x}_f - \bar{x}_i}{t_f - t_i} = \frac{32 - 2}{4 - 1} = \frac{30}{3} = 10 \frac{m}{s}$$

ميل الخط المستقيم في المخطط البياني (الأزاحة - الزمن) كما في الشكل يبين التغير الحاصل في موقع الجسم خلال فترات زمنية مختلفة وان ميل



الخط المستقيم يمثل السرعة المتوسطة $\vec{v}_{avg} = \text{Slope} = \tan \theta = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

الميل (Slope) هو الخط المستقيم الواصل بين النقطتين A , B

الانطلاق المتوسط Average Speed :

هو نسبة المسافة الكلية المقطوعة الى الزمن المستغرق ويحسب بالعلاقة التالية

$$\text{Average speed (v avg)} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{d_{total}}{t_{total}}$$

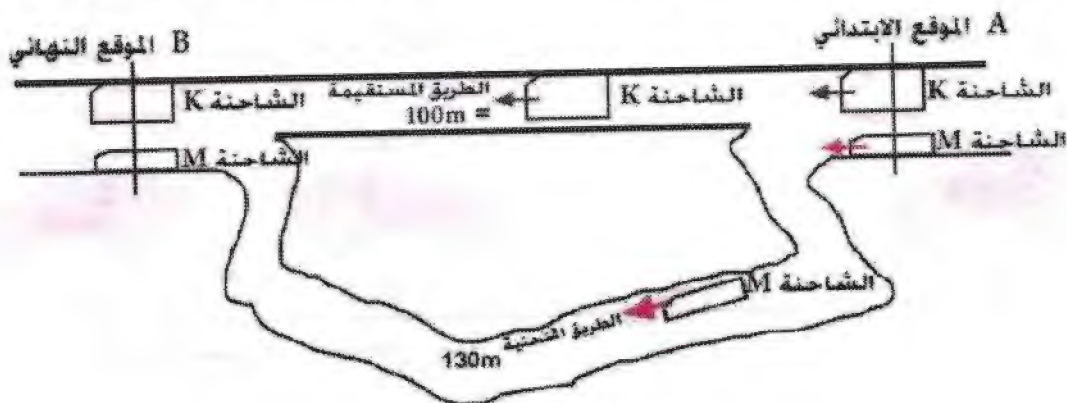
الانطلاق المتوسط كمية قياسية (عددية) لأن المسافة المقطوعة هي كمية قياسية (عددية) . وحدات الانطلاق هي وحدت مسافة مقسومة على وحدت زمن $\frac{m}{s}$.

هل تمثل قراءة عداد السرعة في السيارة السرعة الانية ((اللحظية)) أم تمثل الانطلاق الانبي ((اللحظي)) ولماذا ؟

ج / تمثل الانطلاق الانبي ((اللحظي)) لأنها تحدد مقدار السرعة المتوسطة دون تحديد اتجاهها.

س / متى تكون مقدار السرعة المتوسطة تساوي الانطلاق المتوسط ؟

ج / عندما يتحرك الجسم على خط مستقيم باتجاه ثابت فإن مقدار السرعة المتوسطة للجسم تساوي انطلاقه المتوسط.



ولتوضيح الفرق بين الانطلاق المتوسط والسرعة المتوسطة خلال حركة الشاحنتين (M,K) ليكن الشكل اعلاه يمثل الشاحنة K تنتقل من الموقع الابتدائي A متخذة طريق مستقيم طوله 100 m لتصل الموقع النهائي B والشاحنة M تنتقل من الموقع الابتدائي A متخذة طريق منحني طوله 130 m لتصل الموقع النهائي B .

جد (1) الانطلاق المتوسط لكل من الشاحنتين M , K .

(2) السرعة المتوسطة لكل من الشاحنتين M , K .

علماً ان الوقت المستغرق لكلا من الشاحنتين هو 10 S

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{130}{10_s} = 13 \text{ m/s}$$

للشاحنة K الانطلاق المتوسط

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{100 \text{ m}}{10_s} = 10 \text{ m/s}$$

للشاحنة M الانطلاق المتوسط

$$\text{Average velocity } (\vec{v}_{\text{avg}}) = \frac{\text{displacement}}{\text{time interval}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{10_s} = 10 \text{ m/s}$$

للشاحنة K السرعة المتوسطة

$$\text{Average velocity } (\vec{v}_{\text{avg}}) = \frac{\text{displacement}}{\text{time interval}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{10_s} = 10 \text{ m/s}$$

للشاحنة M السرعة المتوسطة

س / متى تكون السرعة المتوسطة لحركة جسم ما تساوي انطلاقه المتوسطة؟

ج / عندما يتحرك الجسم على مسار مستقيم وبذلك تكون الازاحة المقطوعة الكلية \bar{X}_{total} تساوي مقدار المسافة الكلية المقطوعة d_{total} وبذلك سيعبر الانطلاق عن المقدار العددي للسرعة.

س / هل يمكن للسرعة المتوسطة ان تساوي صفراً وهل يمكن للانطلاق المتوسط ان يساوي صفراً؟

ج / نعم يمكن للسرعة المتوسطة ان تساوي صفراً اذا تحرك الجسم من نقطة A الى نقطة B ثم يعود الى نقطة A فان الازاحة الكلية تساوي صفراً. بينما لا يمكن للانطلاق المتوسط ان يساوي صفراً لان المسافة الكلية لا تساوي صفراً.

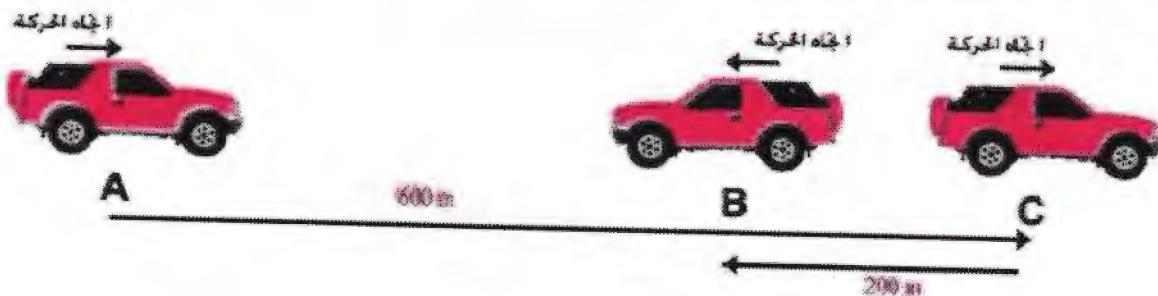
مثال / السيارة في الشكل المرسوم بدأت بالحركة من السكون عند النقطة A وبالاتجاه الموجب لمحور X فوصلت الى النقطة C بعد مضي 80S ثم استدارت وتحركت باتجاه معاكس حتى توقفت عند النقطة B خلال 20S أحسب .

(1) الانطلاق المتوسط خلال الفترة الاولى 80 S .

(2) السرعة المتوسطة خلال الفترة الاولى 80 S .

(3) الانطلاق المتوسط خلال الفترة الكلية 100 S .

(4) السرعة المتوسطة خلال الفترة الكلية 100 S .



الحل / (1) عند حركة السيارة من نقطة A الى نقطة C

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600\text{m}}{80\text{s}} = 7.5 \text{ m/s}$$

(2) عند حركة السيارة من نقطة A الى نقطة C

$$\text{Average speed } (V_{\text{avg}}) = \frac{\text{Displacement traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600\text{m}}{80\text{s}} = 7.5 \text{ m/s}$$

♦ لاحظ ان السرعة المتوسطة تساوي الانطلاق المتوسط لان المسافة تساوي الازاحة لانها تحركت

بالاتجاه الموجب لمحور X وبخط مستقيم

(3) عند حركة السيارة من نقطة A الى نقطة B

$$\text{Average speed } (V_{\text{avg}}) = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600\text{m} + 200\text{m}}{80 + 20} = 8 \text{ m/s}$$

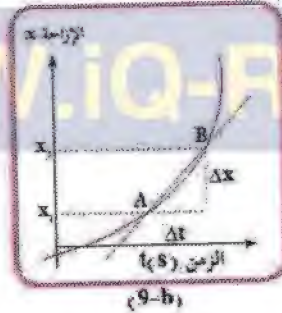
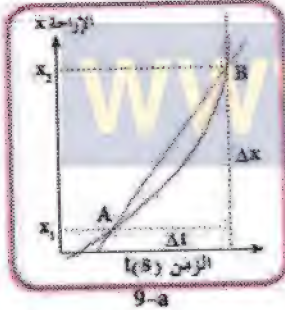
(4) السرعة المتوسطة من نقطة A الى نقطة B

$$\text{Average speed } (V_{\text{avg}}) = \frac{\text{Displacement traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600 - 200}{80 + 20} = \frac{400\text{m}}{100\text{s}} = 4 \text{ m/s}$$

السرعة الانبئية والانطلاق الانبئي : Instantaneous velocity and Ins tantaneous speed

السرعة الانبئية / (هي سرعة الجسم في اي لحظة زمنية) من مخطط (الازاحة - الزمن) في الشكل (9-a)

نجد السرعة المتوسطة والتي تساوي الميل (Slope).



$$(V_{\text{avg}}) = \text{Slope} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

عندما تقترب النقطة A من B شكل (9-a)

ستكون قيم Δx و Δt صغيرة

فيكون قيم الميل اصغر

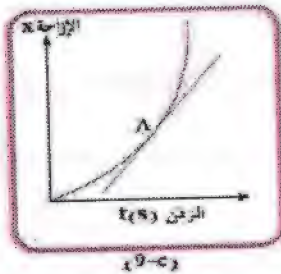
وبالتالي قيم السرعة المتوسط اقل .

وعندما تقرب A من B اكثر شكل (9-c)

فان مقدار Δx و Δt يقترب من الصفر

ويكون الخط المستقيم مماساً للمنحني عند النقطة A

ميل هذا المستقيم هو مقدار السرعة الانبئية عند النقطة A

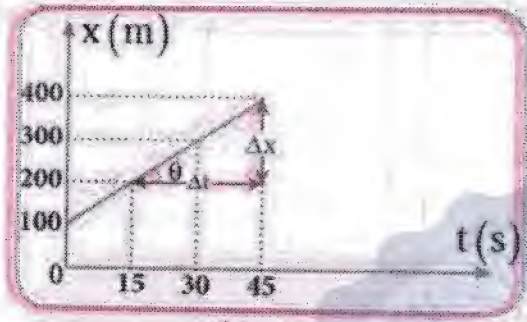


اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصرا

موبايل / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢ / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١

الحركة بسرعة ثابتة /

السرعة الثابتة او المنتظمة / هي حركة الجسم على خط مستقيم ويقطع ازاحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية وعندما نرسم مخططاً بيانياً (الازاحة - الزمن) كما في الشكل نحصل على خط مستقيم وميل هذا الخط يساوي السرعة المتوسطة .



الشكل (12)

$$\vec{V}_{avg} = \text{Slope} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

واذا رسمنا مخطط بيانياً بين (السرعة - الزمن) نحصل على خط مستقيم أفقي لأن السرعة ثابتة المقدار والاتجاه لاحظ الشكل.

**التعجيل Acceleration :**

اي جسم متحرك بخط مستقيم ولا يوجد تغيير في سرعته فليس لهذا الجسم تعجيل . اي التعجيل يساوي صفر ولكن اذا تحرك الجسم على خط مستقيم وسرعته متزايدة فإن للجسم تعجيل وتعجيله تسارعي . واذا تحرك الجسم على خط مستقيم وسرعته بتباطؤ فإن الجسم له تعجيل تباطيء . واذا تحرك الجسم بسرعة ثابتة لاتسارع ولا بتباطؤ ولكن اتجاهه متغير فنقول ان الجسم المتحرك له تعجيل وهو التعجيل المركزي.

اذن شروط التعجيل

- (1) ان يكون الجسم ثابت الاتجاه ولكن مقدار سرعته غير ثابتة .
- (2) ان تكون مقدار سرعة الجسم ثابتة ولكن اتجاه السرعة غير ثابتة .
- (3) او كلاهما تغيير في مقدار سرعته واتجاه الجسم المتحرك .

∴ التعجيل الخطي /

هو المعدل الزمني للتغيير في مقدار السرعة ورمزه (a) وهو كمية متجهة . اي ان

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

س / متى يكون التعجيل الجسم مقداره صفراً ومتى يكون موجبا ومتى يكون سالبا؟

- ج /** (1) عندما يكون الجسم ساكناً او يتحرك على خط مستقيم وبانطلاق ثابت سيكون مقداره تعجيله صفراً $\vec{V}_f = \vec{V}_i$.
- (2) عندما يكون اتجاه التعجيل بنفس اتجاه سرعة الجسم ستسبب زيادة في مقدار سرعة الجسم $V_f > V_i$ عندها سيكون التعجيل (+) .
- (3) عندما يكون اتجاه التعجيل عكس اتجاه سرعة الجسم ستسبب نقصان في مقدار سرعة الجسم $V_f < V_i$ عندها سيكون التعجيل (-) .

معادلات الحركة الخطية بتعجيل منتظم /

(a) اشتقاق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة النهائية والسرعة الابتدائية والزمن

$$\vec{V}_{avg} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad \text{متوسط السرعة} \quad (1)$$

$$\bar{V} = \frac{V_i + V_f}{2} \quad \text{متوسط السرعة} \quad (2)$$

ويعساوا المعادلتين

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{V_i + V_f}{2} \Rightarrow \Delta x = \frac{V_i + V_f}{2} \Delta t$$

(b) اشتقاق معادلة السرعة النهائية بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} \quad \text{تعريف التعجيل}$$

$$a \Delta t = v_f - v_i$$

$$v_f = v_i + a \Delta t$$

(c) اشتقاق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن

$$\Delta x = \frac{v_i + v_f}{2} \Delta t$$

$$v_f = v_i + a \Delta t \quad \text{نعوض}$$

$$\Delta x = \left[\frac{v_i + (v_i + a \Delta t)}{2} \right] \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta x = \left[\frac{2v_i + a \Delta t}{2} \right] \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow \Delta x = \left[\frac{2v_i \Delta t + a(\Delta t)^2}{2} \right] \Rightarrow \Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a(\Delta t)^2$$

(d) اشتقاق معادلة السرعة النهائية بدلالة التعجيل والازاحة والسرعة الابتدائية

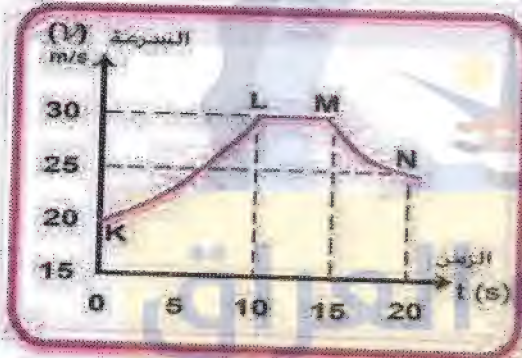
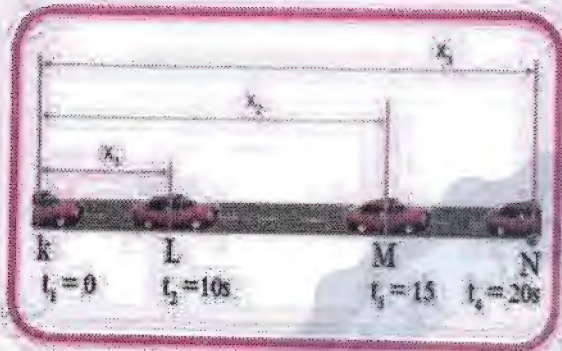
$$\Delta x = \frac{1}{2} (v_i + v_f) \cdot \Delta t \Rightarrow 2\Delta x = (v_i + v_f) \cdot \Delta t \Rightarrow \frac{2\Delta x}{(v_i + v_f)} = \Delta t$$

$$v_f = v_i + a \left(\frac{2\Delta t}{(v_i + v_f)} \right) \quad \text{ولكن } v_f = v_i + a \Delta t \text{ ، نعوض عن } \Delta t \text{ في هذه المعادلة}$$

$$v_f - v_i = a \left(\frac{2\Delta t}{(v_i + v_f)} \right)$$

$$(v_f - v_i)(v_f + v_i) = (a)(2)(\Delta x) \Rightarrow v_f^2 - v_i^2 = 2a\Delta x \Rightarrow v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$

مثال / احسب مقدار التعجيل المتوسط a_{avg} للسيارة في الشكل ادناه علماً ان $V_L = 30 \text{ m/s}$ ، $V_K = 20 \text{ m/s}$ ، $V_M = 30 \text{ m/s}$ ، $V_N = 25 \text{ m/s}$ ،



خلال الفترات الزمنية التالية :

(1) $(t_1=0\text{s})$ و $(t_2=10\text{s})$ بين النقطتين (K , L)

(2) $(t_2=10\text{s})$ و $(t_3=15\text{s})$ بين النقطتين (L , M)

(3) $(t_3=15\text{s})$ و $(t_4=20\text{s})$ بين النقطتين (M , N)

(4) $(t_1=0\text{s})$ و $(t_4=20\text{s})$ بين النقطتين (K , N)

من الرسم البياني بين السرعة - الزمن /

نجد ميل المستقيم الذي يساوي تعجيل الجسم a

$$(1) a_{KL} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_L - v_K}{t_L - t_K} = \frac{30 - 20}{10 - 0} = 1 \text{ m/s}^2$$

التعجيل موجب لانه تسارع

$$(2) a_{ML} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_M - v_L}{t_M - t_L} = \frac{30 - 30}{15 - 10} = 0 \text{ m/s}^2$$

يكون التعجيل صفر لان السرعة ثابتة

$$(3) a_{LM} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_N - v_M}{t_N - t_M} = \frac{25 - 30}{20 - 15} = -1 \text{ m/s}^2$$

التعجيل سالب لانه تباطؤ

$$(4) a_{KN} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_N - v_K}{t_N - t_K} = \frac{25 - 20}{20 - 0} = 0.25 \text{ m/s}^2$$

التعجيل موجب لانه تسارع

السقوط الحر وتعجيل الجاذبية الأرضية :

- * لقد أجرى العالم غاليلو اختبارات تجريبية بسيطة فقاداً سقط حجراً وريشة طائر من قمة برج بيزا المائل ولاحظ ان الحجر وصل الارض قبل الريشة بسبب التأثير الكبير لاحتكاك الهواء ودفعه للريشة.
- * ولقد جريت تجارب عدده باستعمال اجسام ثقيلة نسبياً متساوية بالحجم ومختلفة في الوزن وساقطة من الارتفاع نفسه فكانت النتائج انها تصل الى الارض بالفترة الزمنية نفسها.
- * وعند اعادة تجربة الحجر والريشة بغياب تأثير الهواء وجد عملياً انهما تصلان الارض معاً وبالسعة نفسها.

تعجيل الجاذبية الأرضي / هو التعجيل الناتج من قوة جذب الأرض للأجسام الساقطة باتجاهها .

وبالرغم من ان مقدار جاذبية الأرض مختلف من مكان الى مكان بالقرب من سطح الأرض فهو تقريباً يساوي 9.8 m/s^2 أو 981 cm/s^2 يرمز للتعجيل الأرضي بالرمز (g) .

السقوط الحر

جميع الأجسام القريبة من سطح الأرض وبغياب تأثير الهواء في تلك الأجسام فإنها تسقط بالتعجيل نفسه وهو تعجيل الجاذبية الأرضية $g = -9.8 \text{ m/s}^2$ ويساوي تقريباً -10 m/s^2 ويكون بإشارة سالبة دائماً لأنه يتجه نحو الأسفل تدعى هذه الحركة بالسقوط الحر Free fall .

معادلات الحركة في السقوط الحر :

كل الأجسام الساقطة سقوط حر فإن سرعتها الابتدائية $V_i = 0$ لأنها تبدأ من السكون ، وستكون الإزاحة الخطية Δy لان اتجاه الحركة هو اتجاه المحور y بدلاً من x .
وتكون معادلات الحركة الخطية هي :

$$V_f = gt \text{ ----- (1)}$$

$$\Delta y = \frac{1}{2} gt^2 \text{ ----- (2)}$$

$$V_f = \sqrt{2gy} \text{ ----- (3)}$$

ملاحظات حول الحركة الشاقولية

- (1) عند الحركة نحو الأعلى يكون كل متجه السرعة ومتجه الإزاحة بإشارة موجبة بينما عند الحركة نحو الأسفل يكونان بإشارة سالبة.
- (2) التعجيل دائماً يكون سالباً $g = -9.8 \text{ m/s}^2$ أو $g = -10 \text{ m/s}^2$ في أي نوع من الحركة الشاقولية.
- (3) عند الحركة نحو الأعلى سيصل الجسم الى قمة مساره فإن $\bar{V}_f = 0$.
- (4) عندما يقذف الجسم نحو الأعلى ثم يعود الى نقطة قذفه فيكون (زمن صعود الجسم يساوي زمن نزول الجسم) وتكون الإزاحة الكلية المقطوعة $(\Delta y = 0)$.

فكر:

(1) عند قذف كرة شاقولياً نحو الأعلى فإن سرعتها تساوي صفر لحظة وصولها الى أعلى نقطة من مسارها .
فهل يعني بالضرورة ان تعجيلها يساوي صفر .

ج/ كل جسم يقذف الى الأعلى او يسقط نحو الأرض فإن تعجيله هو التعجيل الأرضي والذي

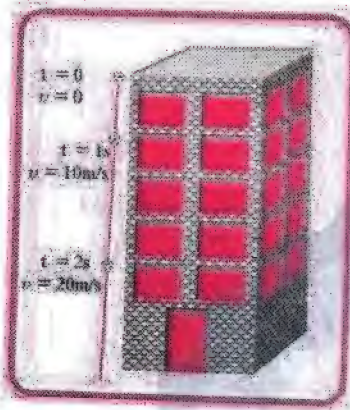
يساوي $g = -9.8 \text{ m/s}^2$ في أي نقطة من مساره

(2) سيارة تسير بخط مستقيم باتجاه $x -$ ويتعجيل موجب وباتجاه $x +$ هل يعني ان حركة السيارة بتسارع ام تباطؤ .

ج/ دائماً اذا كانت اشارة اتجاه الحركة (السرعة) عكس اشارة اتجاه التعجيل فإن الحركة تباطؤ ،
واذا نفس الاشارة فإن الحركة تسارع .



مثال / من سطح بناية سقطت كرة سقوطاً حراً فوصلت سطح الأرض بعد مدة زمنية (3 S) احسب مقدار .



(1) ارتفاع سطح البناية .

(2) سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض وبأي اتجاه .

(3) سرعة وارتفاع الكرة فوق سطح الأرض بعد مرور 1S من سقوطها .

$$g = -10 \text{ m/s}^2 \text{ اعتبر التعجيل الارضي}$$

الحل /

(1) السرعة الابتدائية v_i للسقوط الحر = صفر .

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}(-10)(3)^2 = -5 \times 9 = -45 \text{ m}$$

الاشارة السالبة تعني ان اتجاه اذاحة الكرة نحو الاسفل فيكون ارتفاع سطح البناية فوق سطح الأرض

$$h = +45 \text{ m}$$

(2) الاشارة السالبة تعني ان اتجاه سرعة الكرة نحو الاسفل $V_f = V_i + gt \Rightarrow V_f = 0 + gt \Rightarrow V_f = -10 \times 3 = -30 \text{ m/s}$

(3) الاشارة السالبة تعني ان اتجاه سرعة الكرة نحو الاسفل $V_f = V_i + gt \Rightarrow V_f = 0 + gt \Rightarrow V_f = -10 \times 1 = -10 \text{ m/s}$

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}(-10)(1)^2 = -5 \text{ m}$$

$$h = 45 - 5 = 40 \text{ m}$$

مقدار الاذاحة بعد مرور ثانية واحد من نقطة السقوط والى الاسفل فيكون ارتفاع الكرة بعد مرور ثانية واحد من سقوطها هو .

مثال / من نقطة عند سطح الأرض قذفت كرة صغيرة بالارتفاع 40 m/s شاقولياً نحو الأعلى (اهمل تأثير الهواء في الكرة) احسب مقدار .

(1) اعلی ارتفاع ممكن ان تصله الكرة فوق سطح الأرض .

(2) الزمن الذي تستغرقه الكرة من لحظة قذفها لحين وصولها الى اعلی ارتفاع لها .

(3) سرعتها وارتفاعها فوق سطح الأرض عند اللحظة $t = 2S$.

(4) سرعتها لحظة اصطدامها بسطح الأرض

لحظة وصول الكرة الى اعلی ارتفاع فان سرعتها النهائية $V_f = 0$

الحل /

$$(1) V_f^2 = V_i^2 + 2gh$$

$$0 = (40)^2 + 2(-10)(h) \Rightarrow 20 \times h = 1600$$

$$h = \frac{1600}{20} = 80 \text{ m}$$

اعلی ارتفاع تصله الكرة فوق سطح الأرض

$$(2) v_f = v_i + gt \Rightarrow 0 = 40 + (-10)(t)$$

$$10t = 40 \Rightarrow t = \frac{40}{10} = 4 \text{ S}$$

الزمن الذي تستغرقه الكرة من

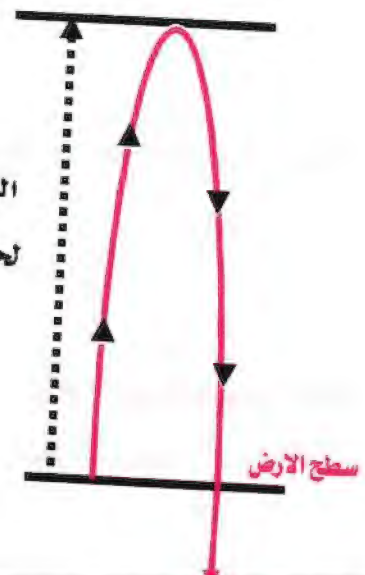
لحظة قذفها لحين وصولها الى اعلی ارتفاع

(3) بحساب سرعة الكرة بعد مرور 2s من لحظة قذفها

$$v_f = v_i + gt \Rightarrow v_f = 40 + (-10)(2)$$

$$v_f = 40 - 20 = 20 \text{ m/s}$$

بحساب ارتفاع الكرة بعد مرور $t = 2S$ من لحظة قذفها .



$$\Delta y = v_i t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$\Delta y = 40 \times 2 + \frac{1}{2} (-10) (2)^2$$

$$\Delta y = 80 - 20$$

$$y = 60 \text{ m} \Rightarrow \text{الارتفاع } h = 60 \text{ m}$$

(4) في السقوط الحر زمن الصعود = زمن النزول

$$\therefore \text{زمن النزول } t = 4 \text{ s}$$

$$v_f = v_i + g t$$

$$v_i = 0 \text{ السرعة الابتدائية لحظة السقوط.}$$

$$v_f = 0 + (-10) (4)$$

$$v_f = -40 \text{ m/s}$$

* او يمكن حساب السرعة النهائية (v_f) لحفظ اصطدامه بسطح الارض من بداية قذفه عندها يكون $v_i = 40 \text{ m/s}$ والزمن الكلي لصعود الجسم ونزوله $t_s =$

$$v_f = v_i + g t \rightarrow v_f = 40 + (-10) \times 8 = -40 \text{ m/s}$$

اسئلة الفصل الثاني

من 1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية :

(1) الحركة تعبير يعود الى التغير في موقع الجسم نسبة الى .

(a) اطار اسناد معين (b) احد النجوم (c) السحب (d) الشمس

الجواب / هو (a) اطار اسناد معين

(2) جسمان متماثلان في الشكل والحجم ولكن وزن احدهما ضعف وزن الآخر سقطا سوية من قمة برج باهمال مقاومة الهواء) فان .

(a) الجسم الاثقل سيضرب سطح الارض اولاً ويمتلكان التعجيل نفسه .

(b) الجسمان يصلان سطح الارض باللمحة نفسها ولكن الجسم الاثقل يمتلك انطلاقة اكبر .

(c) الجسمان يصلان سطح الارض باللمحة نفسها وبانطلاق نفسه ويمتلكان التعجيل نفسه .

(d) الجسمان يصلان سطح الارض باللمحة نفسها ولكن الجسم الاثقل يمتلك تعجيلاً اكبر .

الجواب / هو (c) الجسمان يصلان سطح الارض باللمحة نفسها وبانطلاق نفسه ويمتلكان التعجيل نفسه .

(3) في كل من الامثلة الاتية السيارة متحركة في اي منها لاتملك تعجيلاً .

(a) السيارة متحركة على منعطف افقي بانطلاق ثابت 50 Km/h .

(b) السيارة متحركة على طريق مستقيم بانطلاق ثابت 70 Km/h .

(c) تناقصت سرعة السيارة من (70 Km/h) الى (30 Km/h) خلال 20 S .

(d) انطلقت سيارة من السكون فبلغت سرعتها 40 m/s بعد مرور 60 S .

الجواب / هو (b) السيارة متحركة على طريق مستقيم بانطلاق ثابت 70 Km/h .



(4) عند رسمك للمخطط البياني (السرعة - الزمن) ($V - X$) يكون الخط المستقيم الأفقي المرسوم في المخطط يعبر عن حركة الجسم اذا كانت .

- (a) سرعته تساوي صفر .
(b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .
(c) سرعته تزايد في المقدار بانتظام .
(d) سرعته متناقصة في المقدار بانتظام .

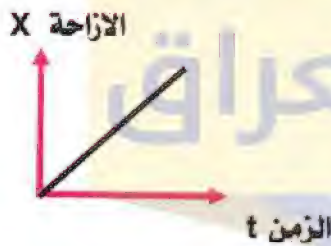


الجواب / هو (b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .

التوضيح / ان الخط المستقيم الأفقي

في المخطط البياني للأحداثيات يكون موازيا للمحور X يعني ان بعده عن محور X ثابت والذي يمثل السرعة اي السرعة ثابتة مع مرور الزمن

(5) في المخطط البياني (الإزاحة - الزمن) ($X - t$) يكون الخط المستقيم المائل الى الأعلى نحو اليمين المرسوم في المخطط يعبر عن حركة جسم عندما تكون .

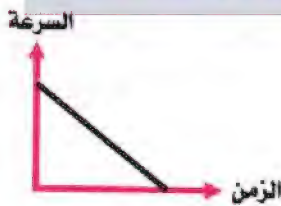


- (a) سرعته تساوي صفر .
(b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .
(c) سرعته متزايدة في المقدار بانتظام .
(d) سرعته متناقصة في المقدار بانتظام .

الجواب / هو (b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .

التوضيح /
$$\text{Slope} = (\vec{V}_{\text{avg}}) = \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

(6) دراجة تتحرك في شارع مستقيم بتباطؤ منتظم يكون الرسم البياني (السرعة - الزمن) لحركتها عبارة عن .



- (a) خط المستقيم يميل الى الأعلى نحو اليمين .
(b) خط مستقيم يميل الى الأسفل نحو اليمين .
(c) خط مستقيم أفقي .
(d) خط منحنى يميل الى الأعلى يزداد مع الزمن .

التوضيح / لاحظ مثال 2 ص 39 كتاب

الجواب / هو (b) خط مستقيم يميل الى الأسفل نحو اليمين .

(7) قذف حجر شاقولياً نحو الأعلى فوصل أعلى ارتفاع له (y) ثم سقط سقوطاً حراً من ذلك الارتفاع راجعاً الى النقطة التي قذف منها فإن سرعته المتوسطة تساوي .

- (a) صفر (b) $\frac{2y}{t}$ (c) $\frac{y}{t}$ (d) $\frac{1y}{2t}$

الجواب / (a) سرعته المتوسطة = صفر لأن Δy (الإزاحة) تساوي صفر $V_{\text{avg}} = \frac{\Delta y}{\Delta t}$

س2/ في أي نوع من الحركة يكون مقدار السرعة المتوسطة يساوي مقدار السرعة الانية وضع ذلك .

ج/ حركة منتظمة ذات سرعة واتجاه ثابت حيث السرعة المتوسطة بين أي نقطتين A , B على مخطط الإزاحة - الزمن هو ميل الخط المستقيم الواصل بينهما ويساوي الميل عند أي نقطة بين AB عندما يقترب الزمن إلى الصفر.

س3/ ما مقدار سرعة وتعجيل الجسم المقذوف نحو الأعلى وهو في قمة مساره .

ج / سرعته تساوي صفر . وتعجيله هو التعجيل الأرضي $9.8 \text{ m/s}^2 -$.

س4/ إذا كان العداد الموضوع أمام السائق في السيارة يشير إلى 70 Km/h خلال فترة زمنية معينة هل يعني ذلك

السيارة هذه تتحرك خلال تلك الفترة بانطلاقه ثابت ؟ أما بسرعة ثابتة أم بتعجيل ثابت ؟ وضع ذلك .

الجواب / السيارة خلال تلك الفترة تتحرك بانطلاق ثابت أي مقدار السرعة فقط وليس اتجاهها . لأنه قد تكون

السيارة تسير بخط مستقيم أو بعسار دائري .

س5/ وضع فيما إذا كانت حركة الدراجة في الأمثلة الآتية تمتلك أولاً تمتلك تعجيلاً

(a) دراجة تسير بانطلاق ثابت وخط مستقيم .

(b) دراجة تسير بانطلاق ثابت على منعطف أفقي .

(c) دراجة تسير بانطلاق ثابت على أحد جانبي طريق مستقيمة ثم تنعطف وتعود تسير باتجاه معاكس

ويانطلاق ثابت على الجانب الآخر من الطريق .

الجواب /

(a) ليس لها تعجيل $a = 0$.

(b) لها تعجيل يسمى تعجيل مركزي (a_c)

(c) لها تعجيل (a) لأن الاتجاه تغير .

المسائل

س1/ سيارة تتحرك بسرعة (30 m/s) فإذا ضغط سائقها على الكوابح تحركت السيارة بتباطؤ (6 m/s^2)

احسب مقدار . (1) سرعة السيارة بعد 2 s من تطبيق الكوابح . (2) الزمن الذي تستغرقه السيارة

حتى تتوقف عن الحركة . (3) الإزاحة التي تقطعها السيارة حتى تتوقف عن الحركة .

الجواب /

$$1) V_f = V_i + a\Delta t$$

$$V_f = 30 + (-6)(2) \Rightarrow V_f = 30 - 12 = 18 \text{ m/s} \quad \text{سرعة السيارة بعد } 2 \text{ s}$$

$$2) \quad V_f = V_i + a\Delta t \rightarrow 0 = 30 + (-6)(\Delta t) \rightarrow 0 = 30 - 6t \rightarrow 6t = 30 \rightarrow t = \frac{30}{6} = 5s$$

$$3) \quad \Delta x = V_i \Delta t + \frac{1}{2} a(\Delta t)^2 = (30)(5) + \frac{1}{2}(-6)(5)^2 = 150 + (-75) = 75m$$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta x \quad \text{يمكن حل 3 بالقانون التالي}$$

$$0 = (30)^2 + 2(-6)(\Delta x) \rightarrow 12\Delta x = 900 \rightarrow X = \frac{900}{12} = 75m$$

س2/ سقط حجرا سقوطا حرا من جسر فاصطدم بسطح الماء بعد 2s من لحظة سقوطه احسب مقدار
(1) ارتفاع الجسر فوق سطح الماء . (2) ارتفاع الحجر فوق سطح الماء بعد 1s من سقوطه . (3) سرعة الحجر
لحظة اصطدامه بسطح الماء .

الجواب/

$$1) \quad V_i = 0 \rightarrow y = V_i + \frac{1}{2} gt^2 \rightarrow y = 0 + \frac{1}{2}(-10)(2)^2 = -20m$$

$$y = -20m$$

الاشارة السالبة تعني ان الازاحة نحو الاسفل

$$\therefore h = 20m \quad \text{ارتفاع الجسر}$$

$$2) \quad y = \frac{1}{2} gt^2 \rightarrow y = \frac{1}{2}(-10)(1)^2 = -5m \quad \text{الازاحة من نقطة السقوط}$$

$$h = 20 - 5 = 15m$$

ارتفاع الحجر فوق سطح الماء

$$3) \quad V_f = V_i + gt = 0 + (-10)(2) = -20m/s \quad \text{الاشارة السالبة تعني ان اتجاه السرعة النهائية نحو الاسفل}$$

س3/ من نقطة على سطح الارض قذف حجر شاقوليا نحو الاعلى فوصل قمة مساره بعد (3s) من لحظة
قذفه احسب . (1) مقدار السرعة التي قذف بها الحجر . (2) اعلى ارتفاع يصله الحجر فوق سطح الارض .
(3) الازاحة الكلية والزمن الكلي خلال حركته .

الحل/

$$1) \quad V_f = V_i + gt \rightarrow 0 = V_i + (-10)(3) \rightarrow V_i = 30m/s \quad \text{مقدار السرعة التي قذف بها الحجر}$$

$$y = v_i t + \frac{1}{2} gt^2 \rightarrow y = (30)(3) + \frac{1}{2}(-10)(9) \rightarrow y = 90 - 45 = 45m \Rightarrow h = 45m$$

$$3) \quad \text{الازاحة الكلية} = (\text{الازاحة نحو الاعلى} - \text{الازاحة نحو الاسفل})$$

$$45 - 45 = 0m$$

$$t_{total} = 3s + 3s = 6s$$

لان زمن الصعود = زمن النزول

اسئلة إضافية الفصل الثاني

س1/ يتحرك جسم من السكون باتجاه محور (x) بتعجيل منتظم بعد 4 ثواني من بداية حركته أصبحت سرعته 10m/s جد الإزاحة المقطوعة ومقدار التعجيل.

الحل/

$$1) \Delta x = \left(\frac{V_i + V_f}{2} \right) \Delta t$$

$$V_i = 0, V_f = 10\text{m/s} \Delta t = 4\text{sec}$$

$$\therefore \Delta x = \left(\frac{0 + 10}{2} \right) \times 4 = 20\text{m}$$

$$\Delta x = 20\text{m}$$

$$2) V_f = V_i + a\Delta t$$

$$10 = 0 + a \times 4$$

$$a = \frac{10}{4} = 2.5\text{m/s}^2$$

س2/ تتحرك سيارة من السكون على خط مستقيم بتعجيل منتظم مقداره 4m/s² جد:
1) الزمن الزم حتى تقطع السيارة مسافة (32m) 2) سرعة السيارة في نهاية هذه المدة

الحل/

$$1) \Delta x = V_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$32 = 0 + \frac{1}{2} (4) \Delta t^2$$

$$\Delta t^2 = \frac{32}{2} = 16 \quad \Delta t = 4\text{sec}$$

$$2) V_f = V_i + a\Delta t$$

$$V_f = 0 + 4 \times 4 = 16\text{m/s}$$

عزيزي الطالب

ان هذه الملزمة التي بين يديك هي نفس الملزمة التي يعتمد عليها مدرس المادة في تدريسه الخصوصي حيث هي خلاصة جهد الاستاذ وهي خاضعة للتنقيح والتجديد المستمر من قبل مدرس المادة فاطلب النسخة الاصلية من

مكتب الشمس حصرا



- س3/ قذف حجر من قمة بناية بسرعة ابتدائية 20m/s الى الأعلى من موقع (A) كما في الشكل وكان ارتفاع البناية 50m وعند رجوعه لم يصطدم سطح البناية وإنما أستمر بالسقوط الى سطح الأرض جد:
- (1) زمن رجوع الحجر الى نقطة قذفه عند (C) (2) اقصى ارتفاع تصل اليه الحجر عند (B) (3) سرعة الحجر عند (C) (4) وسرعة اصطدام الحجر عن (D) (5) زمن الكلي لوصول الحجر عند (D)

الحل

$$V_f = 0 \quad \text{B عند (1)}$$

$$V_f = V_i + g\Delta t$$

$$0 = 20 - 10\Delta t$$

$$-20 = -10\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{-20}{-10} = 2 \text{ sec} \quad \text{زمن وصول الحجر عند قمة مساره}$$

عند رجوعه الى نقطة (C) نقطة انطلاقه

زمن الصعود = زمن النزول

$$\Delta t = 4 \text{ sec}$$

(2) لحساب أعلى ارتفاع تصل اليه الحجر عند B

$$\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} g \Delta t^2$$

$$\Delta y = 20 \times 2 + \frac{1}{2} (-10) \times 4$$

$$\rightarrow \Delta y = 40 - 20 = 20 \text{ m}$$

$$H = 20 \text{ m}$$

(3) سرعة الحجر عند عودته الى نقطة C الزمن الكلي ($\Delta t = 4 \text{ sec}$)

$$V_f = V_i + g\Delta t$$

$$V_f = 20 + (-10) \times 4 = 20 - 40$$

$$V_f = -\frac{20 \text{ m}}{\text{s}} \quad \text{الاشارة سالبة لان اتجاه الحركة نحو الاسفل}$$

(4) سرعة اصطدام الحجر بسطح الأرض عند نقطة D

$$\Delta y = 50 \text{ m} \quad V_i = -20 \text{ m/s} \quad \text{سنبدأ الحركة من نقطة C حيث}$$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2g\Delta t \rightarrow V_f^2 = 400 + 2(-10)(-50)$$

$$V_f^2 = 400 + 1000 = 1400$$

$$V_f = -37.4 \text{ m/s} \quad \text{لان اتجاه الحركة نحو الاسفل}$$

$$V_f = V_i + g\Delta t$$

(5) الزمن الكلي المستغرق نبدأ الحركة من نقطة A

$$-37.4 = 20 - 10\Delta t \rightarrow -37.4 - 20 = -10\Delta t$$

$$10\Delta t = 57.4 \rightarrow \Delta t = 5.74 \text{ sec}$$



الفصل الثالث

قوانين الحركة The Laws of Motion

قوانين الحركة

مفهوم القوة وانواعها /

القوة /

هي المؤثر الذي يغير او يحاول تغيير الحالة الحركية للجسم او شكل الجسم وسلوك الاجسام يعتمد على محصلة القوى المؤثرة فيها.

(*) القوة من الكميات الاتجاهية تخضع لعملية الجمع الاتجاهي.

(*) وحدته قياس القوة هي Newton حيث $1 \text{ N} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(*) يستعمل القبان الحزوني لقياس القوة.

انواع القوى:

١- قوى التماس / وهي القوى التي تؤثر بين جسمين بينهما تماس مثل قوى (السحب - الدفع - الكبس - الشد - اللي).

٢- قوى ينعدم فيها التماس / وهي القوى التي تؤثر بين جسمين ليس بينهما تماس وتمثل الاساسية في الطبيعية مثل ((قوى الجاذبية - القوى الكهربائية - القوى المغناطيسية - القوى النووية)).

قوة الجاذبية : هي قوة التجاذب المتبادلة بين كتلتين في الكون مثل قوى الجاذبية

التي تؤثر فيها الشمس على الارض وقوة جذب الارض للأجسام التي فوقها او بالقرب من سطحها.

وزن الجسم / هي قوة الجذب الارض او الكواكب او القمر للأجسام القريبة من سطحها.

س / علام يعتمد مقدار وزن الجسم؟

ج / من خلال العلاقة $W = mg$

فانه يعتمد على (١) كتلة الجسم m

(٢) تعجيل الجاذبية (g)

(b) القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية .

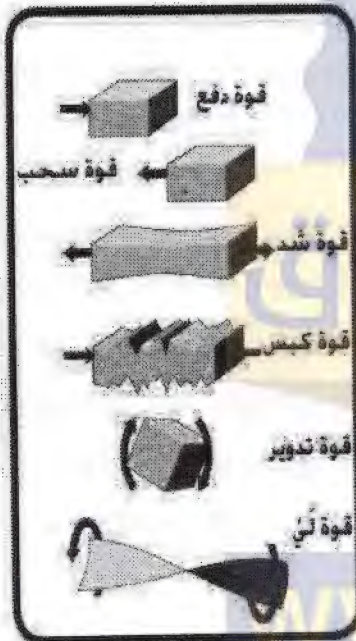
مثل قوة كهربائية بين شحنتين كهربائيتين ساكنتين للمثل انجذاب قصاصات الورق نحو المشط المدلوك بالصوف او مثل قوة مغناطيسية بين قطبين مغناطيسيين او بين مغناطيس وقطعة من الحديد .

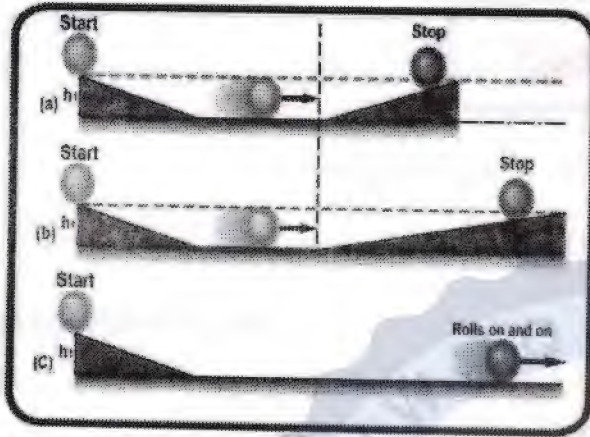
(c) القوة النووية :

وهي نوعان .

النوع الاول : قوة نووية قوية : تربط مكونات النواة (نيوكلونات) مع بعضهما .

النوع الثاني : قوة نووية ضعيفة : كانهلال جسيمات بيتا داخل نواة الذرة .





الشكل (10)

القصور الذاتي والكتلة /

لقد أجرى العالم غاليلو سلسلة من التجارب اذ استعمل

مستويين مصقولين مائلين متقابلين كما في الشكل

(١) عند ترك كرة تتدحرج من قمة سطح الاول (a) فان

مقدار سرعتها تزداد اثناء نزولها وتبلغ مقدارها

الاعظم عن أسفل السطح الاول وعندما تصعد هذه

الكرة على السطح الثاني تقل سرعتها حتى تتوقف

عند ارتفاع تقريباً يساوي ارتفاعها الاول.

(٢) عند جعل ميل السطح الثاني اقل مما كان عليه عن السطح

الاول وجد ان الكرة في هذه الحالة تستمر على الحركة

وتتوقف بعد ان تقطع مسافة أكبر من الحالة الاولى.

(٣) عند جعل السطح الثاني أفقياً كما في الشكل (٢) وجد ان الكرة تستمر في حركتها.

القصور الذاتي او الاستمرارية هي صفة من صفات المادة التي تجعل الجسم عاجزاً او قاصراً عن تغيير

حالاته الحركية لذلك فان صافي محصلة القوى الخارجية المؤثرة عليه = صفر .

(*) القصور الذاتي يعتمد على كتلة الجسم (الملازمة شرعية) .

تعريف القصور الذاتي /

هي تلك الخاصية التي يمتلكها الجسم التي تحدد مقدار المقاومة التي يبديها الجسم لأي تغيير في حالته الحركية .

س / علل / لو كنت في ملعب رياضي والقيت الكرة لثلاثين على افراد الاولى كرة منضدة والثانية كرة

بيسبول. فأذا حاولت مسك كل منهما بيدك أي منهما يتطلب تسليط قوة أكبر لكي تمسكها؟ ولماذا؟

ج / كرة البيسبول تحتاج قوة أكبر لايقافها من القوة اللازمة لايقاف كرة المنضدة لان كرة البيسبول كتلتها أكبر فهي

تبدي مقاومة أكبر على تغيير حالتها الحركية.

قوانين نيوتن في الحركة

القانون الاول / ويسمى بقانون القصور الذاتي او الاستمرارية / وينص

الجسم يبقى ساكن والمتحرك بسرعة منتظمة يبقى متحرك بسرعة المنتظمة عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي صفر .

س / اشرح نشاطا توضح فيه القصور الذاتي :

ادوات النشاط / قلم، حلقة معدنية يقية، قنينة مفتوحة الفوهة.

خطوات النشاط :

- ضع القنينة بوضع شاقولي على سطح منضدة أفقية.

- ضع الحلقة المعدنية لمستوى شاقولي فوق فوهة القنينة.

- ضع القلم بوضع شاقولي وبهدوء فوق الحلقة (شكل a)

- اضرب بيدك الحلقة بسرعة بقوة أفقية من منتصفها شكل (b)

- نجد الحلقة تزاح جانباً ويسقط القلم 8 داخل القنينة شكل (c)

الاستنتاج / ان الحلقة عندما أثرت فيها قوة أفقية، تحركت بتعجيل مع بقاء القلم ساكناً لحظياً في موضعه لعدم

وجود قوة احتكاك له.



علل ماييلي :

(1) اذا كنت جالسا في سيارة وتحركت بشكل مفاجيء الى الامام فان جسمك يندفع الى الخلف .

ج/ لان الجسم قاوم التغير الحاصل في حالته الحركية فهو يحاول ان يبقى ساكناً بسبب قصوره الذاتي حسب قانون نيوتن الاول.

(2) اذا كنت جالسا في سيارة متحركة وتوقفت بشكل مفاجيء فان جسمك يندفع الى الامام .

ج/ لان الجسم يقاوم التغير الحاصل في مقدار سرعته ، بسبب قصوره الذاتي للجسم حسب قانون نيوتن الاول.

(3) عندما تسير السيارة في منعطف افقي بانطلاق ثابت فان الجسم يستمر في حركته المستقيمة باتجاه المماس

ج/ لان جسمك يقاوم التغير الحاصل في اتجاه سرعته ، بسبب قصوره الذاتي للجسم حسب قانون نيوتن الاول.

(4) لايمكن تحريك الباخرة الكبيرة من السكون بواسطة زورق صغير يؤثر فيها بقوة ؟

ج/ حسب قانون نيوتن الاول الزورق الصغير قوته لا تكفي لتغير حالة السكون للباخرة لان الباخرة كتلتها كبيرة اي قصورها الذاتي كبير اي مقاومتها للتغير كبيرة حسب قانون نيوتن الاول.

(5) يندفع الراكب على حصان الى الامام عندما يتوقف الحصان بصورة مفاجئة .

ج/ لان الراكب يقاوم التغير الحاصل في مقدار سرعته بسبب قصوره الذاتي عن تغير حالته الحركية .

قانون نيوتن الثاني

(a) التعجيل يساوي



(2a) التعجيل يساوي



(1/2 a) التعجيل يساوي

اذا كان قانون نيوتن الاول ينطبق على الاجسام التي محصلة القوى عليها صفر فان قانون نيوتن الثاني ينطبق على الاجسام التي محصلة القوى عليها لاتساوي صفر اي هناك قوى خارجية .

س/ اشرح نشاطا يوضح العلاقة بين تعجيل الجسم ومقدار القوة المؤثرة فيه بثبوت الكتلة

أدوات النشاط: قبان حلزوني - قرص معدني - سطح افقي أملس.
خطوات النشاط:

(1) نثبت أحد طرفي القبان بحافة القرص ونمسك طرفه الآخر بيدك.

(2) أسحب القرص بقوة أفقية مقدارها (\vec{F}_1) نجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي بتعجيل (a) شكل (a).

(3) أسحب القرص بقوة أفقية أكبر تساوي $(2\vec{F}_1)$ نجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي بتعجيل (2a) شكل (b) اي يتضاعف التعجيل عند مضاعفة صافي القوى

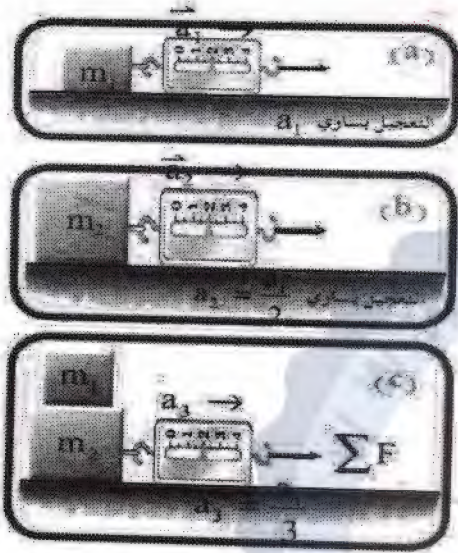
(4) أسحب القرص بقوة أفقية أصغر $\frac{1}{2}\vec{F}$ نجد ان القرص يتحرك على السطح بتعجيل $\frac{1}{2}a$ شكل (c)

الاستنتاج/ ان تعجيل الجسم يتناسب طردياً مع صافي القوى محصلة القوى المؤثرة في الجسم ويتجه التعجيل دائماً باتجاه صافي القوى (بثبوت كتلة الجسم) $\vec{a} \propto \vec{F}$

س / اشرح نشاط يوضح العلاقة بين تعجيل الجسم وكتلة الجسم بثبوت القوة

أدوات النشاط: قبان حلزوني - مكعبين من الثلج - سطح أفقي أملس.

خطوات النشاط:



- (1) ضع مكعب الثلج كتلته m على السطح الأفقي الأملس.
- (2) ثبت أحد طرفي القبان بالمكعب وامسك طرفه الآخر بيدك.
- (3) أسحب المكعب الأول بقوة أفقية مقدارها ΣF تجد ان المكعب يتحرك بتعجيل معين \vec{a}_1 شكل (a).
- (4) ضع مكعب ثاني من الثلج كتلته m_2 وهو ضعف كتلة المكعب الأول، على السطح الأفقي .
- (5) أسحب المكعب الثاني والذي كتلته ($m_2 = 2m_1$) بالقوة الأفقية نفسها المسلط على المكعب الأول ΣF شكل (b) تجد ان المكعب سيتحرك بتعجيل \vec{a}_2 يساوي نصف \vec{a}_1

- (6) ضع المكعب m_1 فوق المكعب m_2 أسحب المجموعة بالقوة نفسها تجد ان تعجيل $\vec{a}_3 = \frac{1}{3} \vec{a}_1$
- الاستنتاج:** ان تعجيل الجسم يتناسب عكسياً مع كتلته بثبوت صافي القوة المؤثرة $a \propto \frac{1}{m}$

من العلاقتين نستنتج ان : $\vec{a} \propto \frac{\Sigma \vec{F}}{m}$ حيث $\Sigma F = 1 \text{ N}$ صافي مقدار القوة المؤثرة ،

كتلة الجسم $m = 1 \text{ Kg}$ التعجيل $a = 1 \text{ m/s}^2$

$$\text{Force} = \text{Mass} \times \text{Acceleration}$$

اي $\vec{F} = m \vec{a}$ وهي الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني .

- صافي القوة الذي مقداره نيوتن واحد هو تلك القوة ($F=1\text{N}$) التي تعطي كتلة قدرها كغم واحد ($m = 1 \text{ Kg}$)
- تعجيل قدره متر واحد في الثانية لكل ثانية ($a = \text{m} / \text{S}^2$) .

$$\vec{W} = m \vec{g}$$

الوزن والكتلة /

ان وزن الجسم هي قوة جذب الارض لها ورمزها (w)

$$\text{Weight} = \text{mass} \times \text{acceleration of gravity}$$

ومن قانون نيوتن الثاني $\vec{F} = m \vec{a}$ فان $\vec{a} = \vec{g}$ للأجسام الساقطة سقوطاً حراً حيث g تأخذ الاشارة السالبة

قانون الجذب العام /

كل كتلتين في الكون تجذب احدهما الاخر بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسياً مع مربع البعد بين مركز الكتلتين .

$$\Sigma \vec{F} \propto \frac{m_1 m_2}{d^2} \rightarrow \Sigma \vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$\Sigma \vec{F}$ صافي القوة وهي قوة الجاذبية الأرضية G ثابت الجذب العام مقداره $6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2}$

m_1 الكتلة الاولى ، m_2 الكتلة الثانية ، d^2 مربع البعد بين مركزي الكتلتين .

ملاحظة :

(1) مقدار الجاذبية الأرضية يتغير بتغير بعد الجسم عن مركز الأرض ويتناسب معها طردياً - أي تزداد الجاذبية كلما اقتربنا من مركز الأرض -

(2) لا تتغير كتلة الجسم مهما كان موقعها سواء على سطح الأرض أو سطح القمر ولكن الذي يتغير هو وزنها أي قوة جذب الكوكب أو القمر لها.

فكر أيهما أكبر وزناً؟ جسم عند خط الاستواء أم عند القطبين؟

ج / وزن الجسم عند القطبين أكبر لأن قوة جذب الأرض عند القطبين أكبر حيث بعد الجسم عن مركز الأرض يكون أقل مما هو عليه عند خط الاستواء.

فكر أفرض أنك تمتلك قطعة من الذهب وزنها 1N وانت على سطح الأرض و تمتلك رائد الفضاء أيضاً قطعة من الذهب وزنها 1N وهو على سطح وأيهما يمتلك ذهباً أكبر كتلة:

Sol: الأرض $g = \frac{1}{6} g$ القمر

$$W_{\text{الأرض}} = W_{\text{القمر}}$$

$$g_{\text{الأرض}} = mg_{\text{القمر}} m_{\text{القمر}}$$

$$g_{\text{الأرض}} m = \frac{1}{6} g_{\text{القمر}} m_{\text{القمر}}$$

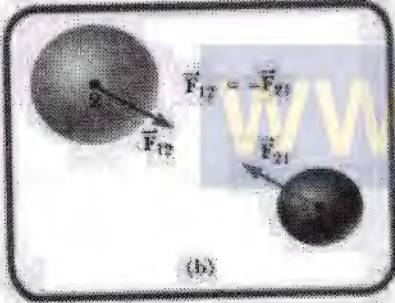
$$m_{\text{الأرض}} = 6 m_{\text{القمر}}$$

∴ كتلة الذهب على القمر

أكبر من كتلة الذهب على الأرض

قانون الفعل ورد الفعل

قانون نيوتن الثالث



أي لكل فعل رد فعل يساوية في المقدار ويعاكسه في الاتجاه
يؤثران في جسمين مختلفين ويقعان على خط فعل واحد.

♦ في الشكل المجاور يوضح كتلتان m_1 ، m_2 مختلفتان بالمقدار فان m_1 تؤثر على m_2 بقوة جذب F_{12} وكذلك m_2 تؤثر على m_1 بقوة جذب تساوي الاولى بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه $-F_{21}$

س / بماذا تمتاز قوتا الفعل ورد الفعل؟

ج / (1) متساويتان بالمقدار متعاكستان بالاتجاه.

(2) يؤثران على جسمين مختلفين.

(3) يقعان على خط فعل مشترك.

س / علل / عند سرك على الأرض يتوجب عليك دفع الأرض بقوة كي تتجه للامام؟

ج / طبقاً لقانون نيوتن الثالث فان دفع الأرض بقوة (فعل) فان الأرض تدفع القدم بقوة (رد فعل) مما تسبب الحركة نحو الامام.

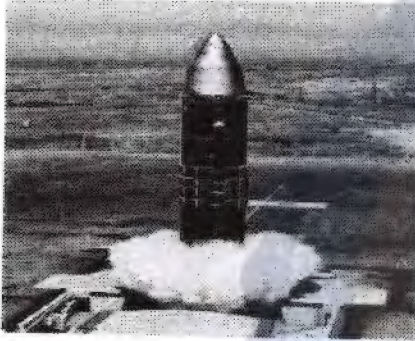


س / علل / في رياضة التجديف الجالسون في القارب يدفعون الماء بقوة الى الخلف فيندفع القارب الى الامام؟

ج / طبقاً لقانون نيوتن الثالث فان دفع الماء بقوة الى الخلف (فعل) فان الماء في نفس الوقت يدفع القارب الى الامام (رد فعل).

س / علل / يدفع السابح لوحة القفز لكي يغطس في الماء

ج / طبقاً لقانون نيوتن الثالث ان دفع السابح لوحة القفز بقوة (فعل) سنجد ان لوحة القفز ترتد عكسياً في الوقت نفسه فتدفع السابح بقوة نحو الاعلى (رد فعل).

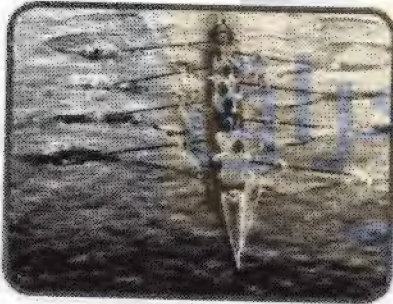


ملاحظة :

الارض تجذب التفاحة والتفاحة تجذب الارض بنفس مقدار القوة ولكن بعكس الاتجاه . ونفس الشيء فان الارض والقمر احدهما يجذب الاخر بنفس مقدار القوة ولكن متعاكستان بالاتجاه .

سؤال :

اذا كان لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه؟ هل ان محصلة القوى تساوي صفر؟



ج / كلا لان قانون نيوتن الثالث ينطبق على القوى المؤثرة في جسمين مختلفين بينما محصلة القوى تنطبق على القوى المؤثرة في جسم واحد

تطبيقات على قوانين نيوتن في الحركة :

القوة العمودية :

هي قوة رد فعل السطح على الجسم ومقدارها غير ثابت فهو يساوي مقدار القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على السطح باتجاه معاكس لتلك المحصلة.

تمتاز :

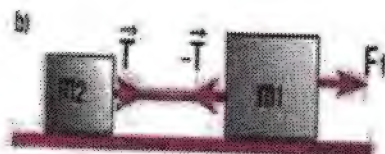
(1) عمودية دائماً على السطح وتتنجه بعيداً عن السطح.

(2) مقدارها غير ثابت.

(3) في حالة انعدام هذه القوة فان الجسم سيغوص داخل ذلك السطح او ينزل للأسفل بتعجيل.

(b) قوة الشد :

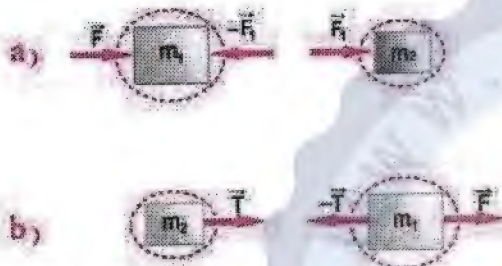
عند سحب جسم بخيط او حبل فان الحبل يؤثر على الجسم بقوة تسمى قوة الشد \vec{T} . يمكن تغيير اتجاه قوة الشد باستعمال البكرات حيث لايتغير مقدار الشد (على اعتبار البكرات المستعملة مهمة الوزن وعديمة الاحتكاك)



(C) القوى الداخلية والقوى الخارجية

عندما يكون النظام (مجموعة الاجسام) معزولة فإن القوى المؤثرة فيه تدعى بالقوى الخارجية F_{ext} تكون محصلة القوى الشاقولية تساوي صفر لان $N = W$ عندما لا توجد قوة احتكاك وتكون \vec{F} هي القوة الخارجية الوحيدة المؤثرة على النظام .

اما القوى الداخلية فهي مجموعة قوى $\vec{T}, \vec{T}, -\vec{F}_1, \vec{F}_1$ حيث



\vec{F} قوة خارجية مؤثرة في النظام

\vec{F}_1 القوة التي تؤثر بها كتلة m_1 على m_2

$-\vec{F}_1$ القوة التي تؤثر بها كتلة m_2 على m_1

\vec{T} قوة الشد في الحبل المؤثرة في m_2

$-\vec{T}$ قوة الشد في الحبل المؤثرة في m_1

عند تطبيق قانون نيوتن الثاني تؤخذ فقط القوى الخارجية (اذا كان النظام بأكمله) اما اذا اخذ النظام بصورة مجزئة فإن القوى الداخلية تعد قوى خارجية مؤثرة في كل جسم .

س / ما فائدة مخطط الجسم الحر

ج / لحساب محصلة القوى المؤثرة على الجسم بصورة صحيحة.

س / ما الذي يتطلبه

مخطط الجسم الحر؟

ج / (1) تحليل القوى المؤثرة في الجسم او

النظام بصورة صحيحة.

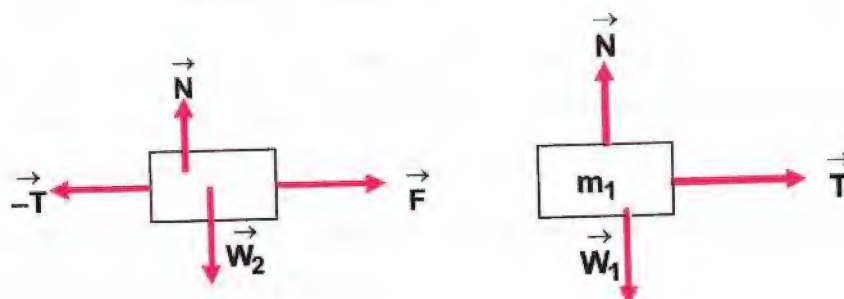
(2) عزل الجسم (الساکن او المتحرك)

عن محيطه.

(3) توضيح كل قوة من القوى المؤثرة في الجسم.

فكر /

في الشكل 31 a حصان يسحب زلاجة على الجليد بقوة افقية مسبباً تعجيل الزلاجة وضح على الشكل 31b القوة المؤثرة في الزلاجة وضح على الشكل 31c القوى المؤثرة في الحصان .
نعتبر الزلاجة الكتلة m_2 ، نعتبر الحصان الكتلة m_1 .



مثال 1 / جسمان كتلة احدهما 2 Kg وكتلة الاخر 3Kg معلقين شاقوليا بطرفي جبل خفيف يمر فوق بكرة مهملة الوزن والاحتكاك احسب مقدار التعجيل للجسمين والشد في الحبل .

الحل / بغياب الوزن والاحتكاك للبكرات فإن الشد متساوي في الحبل للجسمين نأخذ كل جسم على حده

ونحلل القوى المؤثرة عليه

$$F_2 = m_2 a \quad \text{الجسم الثاني النازل}$$

$$F_1 = m_1 a \quad \text{الجسم الاول الصاعد}$$

حيث F محصلة القوى على الجسم الثاني والتي تساوي $W - T$

حيث F محصلة القوى على الجسم الاول والتي تساوي $T - W$

$$W_2 - T = m_2 a$$

$$m_2 g - T = m_2 a$$

$$3 \times 10 - T = 3a$$

$$30 - T = 3a \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$T - W_1 = m_1 a$$

$$T - m_1 g = m_1 a$$

$$T - 2 \times 10 = 2a$$

$$T - 20 = 2a \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$T - 20 = 2a \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$30 - T = 3a \quad \dots\dots\dots (2)$$

وبجمع المعادلتين

$$30 - 20 = 5a$$

$$10 = 5a \rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$$

نعوض قيمة a في احد المعادلتين لنجد قيمة T

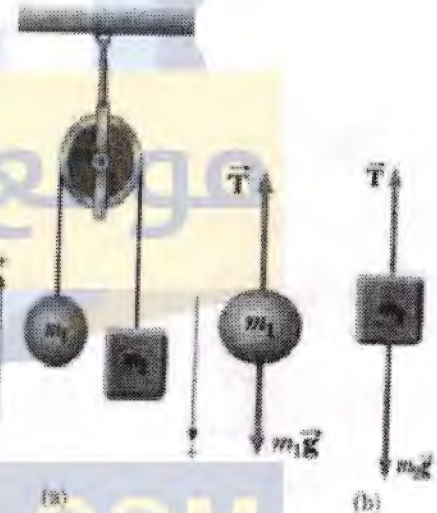
$$T - 20 = 2 \times 2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$T = 24 \text{ N}$$

سؤال / ماذا تتوقع لو كانت $m_1 = m_2$

جواب / عندما تكون $m_1 = m_2$ فإنها ستكون حالة اتزان

والتعجيل $a = 0$ وعندها يكون $T = m_1 g = m_2 g$



الاحتكاك Friction :

ان اي جسم عندما يتحرك على سطح لايد من وجود قوة احتكاك تعيق حركته كالهواء والماء ان قوة الاحتكاك هذه مهمة في حياتنا اليومية فهي تسمح لنا بالمشي والركض وحركة العجلات وقد تكون مضره كما في احتكاك المعادن في اجزاء الماكينة .

قوى الاحتكاك Friction force :

ان سبب ظهور قوة الاحتكاك بين سطح جسم و سطح خشن موضوع عليه ناتج من حدوث تلامس بينهما ينتج عنه تداخل النتؤات بين السطحين .

(*) اتجاه قوة الاحتكاك مماسياً للسطحين ومعاكساً لاتجاه الحركة .

(*) القوة الضاغطة بين السطحين تمثل القوة العمودية على السطح ويرمز لها بـ N .

(*) تظهر قوة الاحتكاك حتى لو كان الجسم ساكن فاذا اثرت محصلة قوى على جسم ولم تستطع تحريكه فلايد

من وجود قوة احتكاك تمنع الجسم من الحركة قوة الاحتكاك هذه تسمى قوة الاحتكاك السكوني

(static friction force) رمزها f_s وكلما زادت القوة المؤثرة في الجسم زادت قوة الاحتكاك هذه ويكون

مقدارها الاعظم عندما يشرع الجسم بالحركة .

$$\vec{f}_{s\max} = \mu_s \vec{N}$$

ان \vec{f}_s تتناسب مع القوة العمودية \vec{N} بالعلاقة التالية:
حيث (μ_s) ويقرأ ميو يمثل معامل الاحتكاك السكوني .

وعندما تكون القوة المؤثرة اعلى من قوة الاحتكاك السكوني يبدأ الجسم بالحركة وتقل قوة الاحتكاك وتسمى حينها قوة احتكاك انزلاقي (حركي) Force Kinetic Friction رمزها f_k .

قوة الاحتكاك الانزلاقي ثابتة ضمن السرعة الصغيرة وتتناسب طردياً مع القوة العمودية بالعلاقة التالية .

$$\vec{f}_k = \mu_k \vec{N}$$

(*) ان معامل الاحتكاك يعتمد على طبيعة الجسمين المتلامسين ولا يعتمد على مساحة السطحين المتلامسين .

علل / دفع صندوق على سطح مائل لا يتحرك ما نوع القوة المعرقة له ومتى يكون أعظم مقدار لها؟

ج / القوة التي تجعل الصندوق لا يتحرك هي قوة الاحتكاك السكوني (f_s) وأعظم مقدار لها عندما الجسم يشع بالحركة اي (على وشك الانزلاق) .

مثال 6/ وضع جسم كتلته 150Kg على سطح أفقي كما في الشكل أثرت فيه قوة ساحبة 300N تعمل زاوية 37° فوق الأفق جعلته على وشك الحركة احسب (1) معامل الاحتكاك السكوني بين الجسم والسطح الأفقي (2) تعجيل الجسم لو تضاعفت القوة المؤثرة فيه ومعامل الاحتكاك الانزلاقي (الحركي) يكون $\mu_k = 0.1$

الحل /

$$1) f_s = F \cos \theta$$

$$f_s = 300 \cos 37 = 300 \times 0.8 = 240 \text{ N}$$

$$N = w - F \sin 37$$

$$= 1500 - 300 \times 0.6 = 1500 - 180 = 1320 \text{ N}$$

$$f_s = \mu_s N, \quad \mu_s = \frac{f_s}{N} = \frac{240}{1320} = 0.18$$



2) القوة 300N عندما تتضاعف تكون 600 N

$$\therefore F_x = F \cos 37 \rightarrow F_x = 600 \times 0.8 = 480 \text{ N} \quad \text{مركبة القوة الأفقية}$$

$$F_y = F \sin 37 = 600 \times 0.6 = 360 \text{ N} \quad \text{مركبة القوة الشاقولية}$$

$$\sum F_x = ma = f_s - f_k \quad \text{قانون نيوتن الثاني}$$

$$F \cos 37 - f_k = ma$$

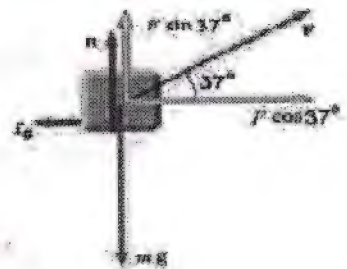
$$f_k = \mu_k N \quad \text{نجد } N, \text{ نجد } f_k$$

$$N = w - F \sin 37 = 1500 - 360 = 1140 \text{ N}$$

$$f_k = 0.1 \times 1140 = 114 \text{ N}$$

$$\therefore \sum F_x = ma \rightarrow F \cos 37 - f_k = ma$$

$$480 - 114 = 150 a \rightarrow 366 = 150 a \rightarrow a = \frac{366}{150} = 2.44 \text{ m/s}^2$$



مثال 7/ وضع صندوق كتلته 400 Kg على سطح مائل خشن مسك السطح من احد طرفيه وجعل يميل عن الافق

ثم زيد ميله تدريجيا عن المستوى الافقي وعندما اصبحت زاوية ميل السطح 30° فوق الافق كان الصندوق على

وشك الانزلاق احسب (1) قوة الاحتكاك السكوني حينما يوشك الصندوق على الحركة (2) تعجيل الصندوق

عندما يكون معامل الاحتكاك الانزلاقي $\mu_k = 0.1$.

الحل/ صافي قوة الاحتكاك = المركبة الافقية = قوة الاحتكاك الاستاتيكي - قوة الاحتكاك الانزلاقي

$$f_s = mg \sin 30 \rightarrow f_s = 400 \times 10 \times \frac{1}{2} \rightarrow f_s = 2000 \text{ N}$$

$$\sum \vec{F}_x = m \vec{a} \quad \text{لايجاد التعجيل نطبق قانون نيوتن الثاني}$$

$$\sum \vec{F}_x = f_s - f_k \rightarrow \sum F_x = w \sin 30 - f_k$$

$$\sum F_x = mg \sin 30 - f_k$$

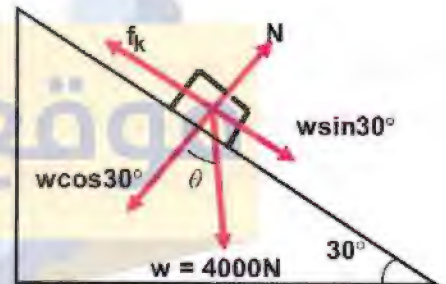
$$f_k = \mu_k N$$

$$f_k = 0.1 \times 400 \times 10 \times 0.866 \rightarrow f_k \approx 340 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 2000 - 340 = 1660 \quad (\text{صافي قوة الاحتكاك})$$

$$a = \frac{\sum F_x}{m} = \frac{1660}{400} = 4.15 \text{ m/s}^2 \quad \text{تعجيل الصندوق}$$

من الشكل نجد : $f_s = mg \sin 30$
 $N = mg \cos 30$



WWW.IQ-RES.COM

عزيزي الطالب

ان هذه الملزمة التي بين يديك هي نفس الملزمة التي

يعتمدها مدرس المادة في تدريسه الخصوصي حيث

هي خلاصة جهد الاستاذ وهي خاضعة للتنقيح

والتجديد المستمر من قبل مدرس المادة

فاطلب النسخة الاصلية من

مكتب الشمس حصرا

حل اسئلة الفصل الثالث

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

(1) **اثررت محصلة قوى خارجية في جسم فحركته من السكون ، فاذا كان مقدار واتجاه تلك المحصلة معلوماً وكتلته معلومة عندها يمكن تطبيق القانون الثاني لنيوتن لايجاد :**

- (a) وزن الجسم (b) انطلاق الجسم
(c) ازاحة الجسم (d) تعجيل الجسم

الجواب / هو (d) تعجيل الجسم لأن قانون نيوتن الثاني هو $\vec{F} = m \vec{a}$

(2) **عندما يسحب حصان عربية فان القوة التي تسبب في حركة الحصان الى الامام هي :**

- (a) القوة التي تسحب العرببة .
(b) القوة التي تؤثر فيها العرببة على الحصان .
(c) القوة التي يؤثر فيها الحصان على الارض .
(d) القوة التي تؤثر فيها الارض على الحصان .

الجواب / هو (d) القوة التي تؤثر فيها الارض على الحصان .

التوضيح / عندما يدفع الحصان الارض بقدميه فانه (**يفعل**) فيكون رد الفعل قوة دفع الارض للحصان .

(3) **قوة الاحتكاك بين سطحين متماسين لاتعتمد على :**

- (a) القوة الضاغطة عمودياً على السطحين المحتكين .
(b) مساحة السطحين المحتكين .
(c) الحركة النسبية بين السطحين المحتكين .
(d) وجود زيت بين السطحين او عدم وجوده .

الجواب / هو (b) مساحة السطحين المحتكين .

التوضيح / تعتمد قوة الاحتكاك على طبيعة السطح (نفاظة ودرجة نعومة السطح) .

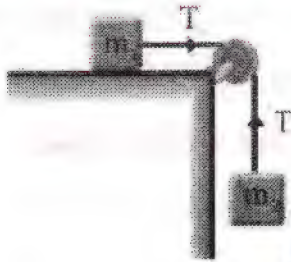
(4) **اذا اردت ان تمشي على ارض جليدية من غير انزلاق فمن الافضل ان تكون حركتك :**

- (a) بخطوات طويلة . (b) بخطوات قصيرة .
(c) على مسار دائري . (d) على مسار متموج افقياً .

الجواب / هو (b) بخطوات قصيرة .

التوضيح / لأن الخطوة القصيرة تحتاج قوة دفع قليلة من قبل القدم فيكون رد فعل الارض الجليدية اقل .

(5) الكتلتان (m_1, m_2) مربوطتان بسلك مهمل الوزن كما في الشكل المجاور وكانت الكتلة m_1 تتحرك على سطح افقي أملس في حين m_2 معلقة شاقولياً بطرق السلك فان الشد في السلك



(T) يساوي :

$$T = 0 \quad (a)$$

$$T < m_2 g \quad (b)$$

$$T = m_2 g \quad (c)$$

الجواب / هو (b) $T < m_2 g$

التوضيح بما ان m_1 تتحرك يعني ان $m_2 g$ (الوزن w_2) هو اكبر من الشد T

وتكون الحركة الى الاسفل فيكون $T < m_2 g$.

(6) القوة الانقية 40 N تلزم لجعل صندوق من الفولاذ

كتلته 10 Kg على وشك الشروع بالحركة فوق

ارض افقيه من الخشب عندئذ يكون مقدار

معامل الاحتكاك السكوني μ_s يساوي .

$$0.25 \quad (b) \quad 0.08 \quad (a)$$

$$2.5 \quad (d) \quad 0.4 \quad (c)$$

الجواب / هو $\mu_s = 0.4$

(7) القوة 10 N تكسب جسماً تعجلاً مقداره 2 m/s^2

في حين القوة التي مقدارها 40N

تكسب الجسم نفسه تعجلاً

مقداره يساوي :

$$8 \text{ m/s}^2 \quad (b) \quad 4 \text{ m/s}^2 \quad (a)$$

$$16 \text{ m/s}^2 \quad (d) \quad 12 \text{ m/s}^2 \quad (c)$$

الجواب / هو (b) 8 m/s^2

(8) جسم كتلته (m) معلق بحبل في مصعد

فاذا كان المصعد يتحرك للأعلى بسرعة ثابتة

فإن الشد في الحبل :

$$(a) \text{ يكون مساوياً } (mg)$$

$$(b) \text{ اقل من } (mg)$$

$$(c) \text{ اكبر من } (mg)$$

(d) تتحد قيمته بناءً على مقدار السرعة .

الجواب / هو $T = mg$

التوضيح

$$F = f_s = \mu_s mg$$

$$40 = \mu_s mg$$

$$40 = \mu_s \times 100$$

$$\mu_s = \frac{40}{100} = 0.4$$

التوضيح

$$F = ma$$

$$10 = m \times 2$$

$$M = \frac{10}{2} = 5 \text{ Kg}$$

$$F = ma$$

$$40 = 5 a$$

$$a = \frac{40}{5} = 8 \text{ m/s}^2$$

التوضيح

من قانون نيوتن الثاني $F = ma$

بما ان السرعة ثابتة فإن صفر $a =$

بما ان الجسم يتحرك الى الاعلى فإن

الشد اكبر من وزن الجسم $F = T - W$

$$T - w = ma$$

$$T - w = m \times 0$$

$$T - w = 0$$

$$T = w$$

$$T = mg \quad \text{اي}$$

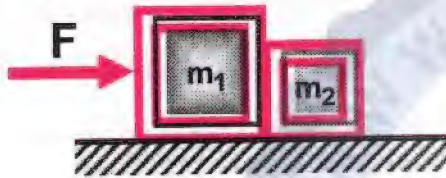


المسائل

س1/ يبين الشكل المجاور الجسمان (m_1 , m_2) في حالة تماس موضوعان على سطح افقي أملس كانت كتلة الجسم الأول $m_1 = 4 \text{ Kg}$ وكتلة الجسم الثاني $m_2 = 2 \text{ Kg}$ فإذا أثرت قوة افقية F مقدارها 12 N تدفع الكتلة m_1 كما في الشكل جد مقدار تعجيل المجموعة المؤلفة من الجسمين .

$$F_1 \rightarrow 4 \text{ Kg} \quad 2 \text{ Kg}$$

$$\boxed{m_1} \quad \boxed{m_2}$$



الحل / بما ان الجسمين متماسان فيمكن معاملتهما كجسم واحد

$$m_{\text{كلي}} = m_1 + m_2 = 4 + 2 = 6 \text{ Kg}$$

$$F = ma \rightarrow 12 = 6a$$

$$\therefore a = \frac{12}{6} = 2 \text{ m/s}^2$$

س2/ جسم كتلته 4 Kg موضوع على سطح افقي خشبي ويتصل بطرف سلك يمر على بكره ملساء مهملة الوزن ومعلقة بالطرف الآخر للسلك جسم كتلته 10 Kg ويوضع شاقولي كما مبين في الشكل المجاور احسب معامل الاحتكاك بين الجسم (m_1) والسطح الافقي حينما تتحرك المجموعة من السكون بتعجيل مقداره 6 m/s^2 .

الجواب / بما ان البكره ملساء (عديمة الاحتكاك ومهملة الوزن)

$$T_1 = T_2 \text{ متساوي للجسمين اي}$$

$$\text{وكذلك التعجيل } a \text{ من قانون نيوتن الثاني}$$

$$\text{بالنسبة للجسم الموضوع على المنضدة } F_1 = T - f_s = m_1 a$$

$$\text{بالنسبة للجسم المعلق } W_2 - T = m_2 a$$

$$\therefore T - f_s = m_1 a \dots\dots\dots (1)$$

$$W_2 - T = m_2 a \dots\dots\dots (2)$$

بالجمع

$$W_2 - f_s = a (m_1 + m_2)$$

$$M_2 g - f_s = a (m_1 + m_2)$$

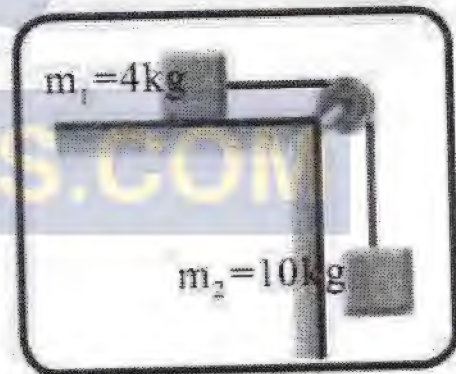
$$100 - f_s = 6 \times (4 + 10)$$

$$-f_s = 84 - 100 \rightarrow -f_s = -16$$

$$f_s = 16 \text{ Newton}$$

$$f_s = \mu_s N$$

$$16 = \mu_s \times 400 \rightarrow \mu_s = \frac{16}{400} = 0.04$$

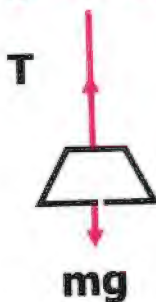


س3/ جسم كتلته 1 Kg معلق بسقف مصعد بواسطة سلك مهملة الوزن لاحظ الشكل ، احسب مقدار الشد (T) في السلك عندما يتحرك المصعد .

(a) نحو الاعلى بتعجيل 2 m/s^2 .

(b) نحو الاسفل بتعجيل 2 m/s^2 .

ان الجسم المعلق بسقف مصعد يتحرك بتعجيل نحو الاسفل يكون الشد او الوزن الظاهري له = صفر



(a) يتحرك المصعد نحو الأعلى بتعجيل 2 m/s^2

$$T - w = ma \rightarrow T - mg = ma$$

$$T - 10 = 1 \times 2 \rightarrow T = 12 \text{ Newton}$$

(b) يتحرك المصعد نحو الأسفل بتعجيل 2 m/s^2

$$W - T = ma \rightarrow Mg - T = ma$$

$$1 \times 10 - T = 1 \times 2 \rightarrow T = 10 - 2$$

$$T = 8 \text{ Newton}$$

س4/ قوة افقية مقدارها (20N) اثرت في جسم ساكن كتلته 2 Kg موضوع على سطح افقي أملس احسب

(a) انطلاق الجسم في نهاية الثانية الاولى من حركته

(b) الازاحة التي قطعها الجسم خلال 3S من بدء حركته

الحل /

$$a) F = ma \rightarrow 20 = 2a \rightarrow a = \frac{20}{2} = 10 \text{ m/s}^2$$

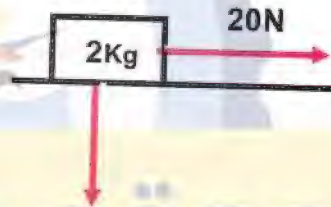
$$v_f = v_i + at \rightarrow v_f = 0 + 10 \times 1$$

$$v_f = 10 \text{ m/s}^2$$

$$b) x = v_i t + \frac{1}{2} at^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$$

$$x = 5 \times 9 = 45 \text{ m}$$

الازاحة



س5/ في الشكل ادناه شخص يدفع ابنته وهي جالسة على لوح للترحلق على الجليد . اي القوتين الآتيتين افضل ان يدفع الشخص البنت لكي تسير على الجليد بسهولة.



(a) يدفعها من خلال التأثير بقوة (F)

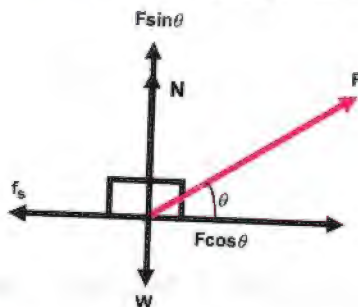
في كتفها بزاوية 30° تحت الافق .

(b) يسحبها بالقوة (F) نفسها بوساطة

حبل يميل بزاوية 30° فوق الافق .

الجواب / (b) حيث ان قوة الاحتكاك في حالة دفع لوح الترحلق اكبر من قوة الاحتكاك في حاله السحب وذلك لزيادة مقدار القوة الضاغطة في حالة الدفع بمقدار $F \sin \theta$. لذلك يفضل السحب

لاحظ الرسم :

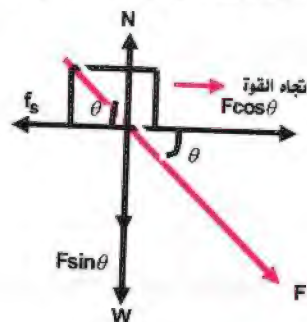


$$N = w - F \sin \theta$$

(حالة السحب)

$$F_k = M_k N$$

$$F_k = M_k (W - F \sin \theta)$$



$$N = w + F \sin \theta$$

(حالة الدفع)

$$F_k = M_k N$$

$$F_k = M_k (W + F \sin \theta)$$

$$\therefore f_k (\text{الدفع}) > f_k (\text{السحب})$$



أُسْئَلَة إِضَافِيَة

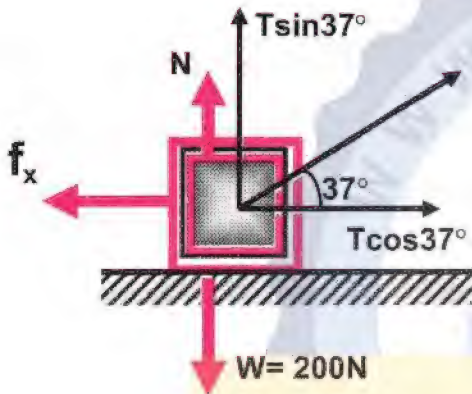
س1/ تجر عربة كتلتها 20kg على أرض مستوية بحبل يضع زاوية 37° فوق المستوى الأفقي تعاكس قوة احتكاك أفقية مقدارها 40N لهذه الحركة أحسب قوة شد الحبل ورد فعل الأرض على الجسم إذا كانت المجموعة

(1) تتحرك بسرعة ثابتة

(2) تتحرك بتعجيل منتظم 0.5m/s²

الجواب /

(1) المجموعة تتحرك بسرعة ثابتة



$$\Sigma F = 0$$

$$T \cos 37 = f_k$$

$$T \times 0.8 = 40$$

$$T = \frac{40}{0.8} = 50 \text{ N}$$

$$N = w - T \sin 37$$

$$= 200 - 50 \times \frac{3}{5}$$

$$N = 170 \text{ N}$$

(2) المجموعة تتحرك بتعجيل مقداره 0.5 m/s²

$$\Sigma F = ma$$

$$T \cos 37 - f_k = ma$$

$$T \times 0.8 - 40 = 20 \times 0.5$$

$$T \times 0.8 = 10 + 40 \rightarrow T \frac{50}{0.8} = \frac{500}{8} = 62.5 \text{ N}$$

$$N = w - T \sin 37$$

$$= 200 - 62.5 \times 0.6$$

$$= 200 - 37.5 = 162.5 \text{ N}$$

س2/ سيارة كتلتها 1000kg تسير على طريق أفقي خشن استعمل الكوابح فتوقفت بعد أن قطعت مسافة 40m خلال 4sec أحسب معامل الاحتكاك بين الطريق واطار السيارة.

الجواب / من معادلات الحركة الأفقية نحسب التعجيل الخطي للسيارة

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2} \right) \cdot t$$

$$40 = \frac{v_i + 0}{2} \times 4$$

$$v_i = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_f = v_i + at$$

$$0 = 20 + a(4)$$

$$a = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



$\Sigma F = ma$ من محصلة القوى المؤثرة على الجسم
لا توجد قوة سحب ($f=0$)

$$F - f_k = ma$$

$$f_k = ma$$

$$f_k = 1000 \times (-5) = 5000 \text{ N}$$

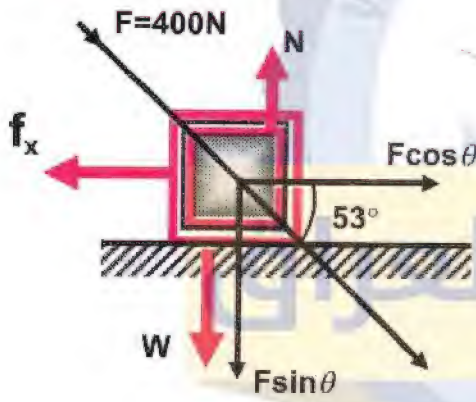
$$f_k = 5000 \text{ N}$$

$$f_k = M_k \cdot N \quad N = mg = 1000 \times 10 = 10000 \text{ N}$$

$$M_k = \frac{f_k}{N} = \frac{5000}{10000} = 0.5$$

س3/ قوة دفع مقدارها 400N تؤثر على جسم كتلته 20kg من السكون بزاوية 53° تحت الأفق فتتحرك الجسم بسرعة 2 $\frac{m}{s}$ بعد 4sec من بدء الحركة. أوجد معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح.

الجواب / بما ان المجموعة تتحرك بتعجيل



$$\Sigma F = ma$$

$$F \cos 53 - f_k = ma$$

$$V_f = V_i + at$$

$$2 = 0 + 4$$

$$a = 0.5 \frac{m}{s^2}$$

$$400 \times \frac{3}{5} - f_k = 20 \times 0.5$$

$$240 - f_k = 10$$

$$f_k = 230 \text{ N}$$

لحساب التعجيل

لحساب رد فعل السطح على الجسم N

$$N = W - F \sin 53 = 200 + 400 \times \frac{4}{5} = 200 + 320 = 520 \text{ N}$$

$$M_k = \frac{f_k}{N} = \frac{230}{520} = 0.44$$

س4/ جسم كتلته 2kg موضوع على سطح مائل بزاوية 37° وكان معامل الاحتكاك الانزلاقي 0.5 كيف سيكون حال الجسم ساكناً ام متحركاً وما مقدار التعجيل الجسم اذا كان متحركاً؟

الجواب / لمعرفة حال الجسم نحلل مقدار القوى المؤثرة عليه

فاذا كانت محصلة القوى تساوي صفراً فالجسم ساكن

واذا كانت لا تساوي صفراً فالجسم يتحرك باتجاه القوى الاكبر.

اولاً/ نجد القوة المعرقلة للحركة قوة الاحتكاك

$$f_k = M_k N = M_k w \cos 37$$

$$= 0.5 \times 20 \times \frac{4}{5}$$

$$f_k = 8 \text{ N}$$

ثانياً/ نجد المركبة الشاقولية لوزن الجسم

$$W \sin 37 = 20 \times \frac{3}{5} = 12 \text{ N}$$

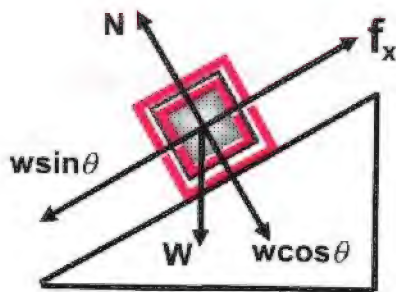
$$\Sigma f = w \sin 37 - f_k = 12 - 8 = 4 \text{ N}$$

∴ الجسم يتحرك نحو الاسفل.

$$\Sigma f = ma \Rightarrow 4 = 2a$$

ولحساب التعجيل

$$a = \frac{4}{2} = 2 \frac{m}{s^2}$$

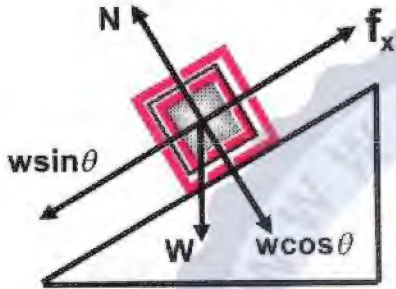


س5/ وضع صندوق كتلته 20kg على سطح مائل طوله 5m يضع زاوية 53° مع المستوى الافقي

فإذا كان معامل الاحتكاك السطح مع الجسم 0.5 أحسب

(1) تعجيل الجسم (2) الزمن اللازم حتى يصل الجسم أسفل السطح

الجواب / (1) لحساب التعجيل



$$\Sigma f = ma$$

$$W \sin 53 - f_k = ma \dots\dots(1)$$

$$f_k = M_k N$$

$$= M_k w \cos 53$$

$$= 0.5 \times 200 \times \frac{3}{5}$$

$$f_k = 60 \text{ N} \dots\dots(2)$$

$$w \sin 53 = 200 \times \frac{4}{5}$$

$$= 160 \text{ N} \dots\dots(3)$$

$$160 - 60 = 20a$$

نعوض (2) و (3) في (1)

$$100 = 200 \rightarrow a = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(2) لحساب الزمن اللازم حتى يصل الجسم أسفل السطح نستخدم معادلات الحركة الخطية

$$\Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \rightarrow 5 = 0 + \frac{1}{2} (5) \Delta t^2$$

$$\Delta t^2 = 2$$

$$\Delta t = \sqrt{2} = 1.414 \text{ sec}$$

س6/ جسم كتلته 10kg موضوع على سطح أملس ويتصل بطرف خيط يتصل ببكرة محملة الوزن

وفي الطرف الآخر جسم كتلته 5kg موضوع على سطح مائل زاوية ميله 37° أحسب

(1) تعجيل المجموعة (2) قوة شد الخيط

الجواب / الجسم الاول

$$\Sigma f = ma$$

$$T = ma$$

$$T = 10 a \dots\dots(1)$$

الجسم الثاني

$$\Sigma f = ma$$

$$W \sin 37^\circ - T = ma$$

$$50 \times \frac{3}{5} - T = 5a$$

$$30 - T = 5a \dots\dots(2)$$

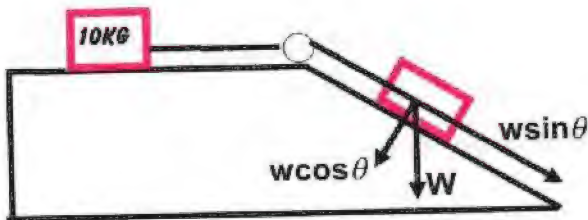
$$30 - 10a = 5a$$

نعوض (1) في (2)

$$30 = 15a \rightarrow a = \frac{30}{15} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

ولحساب القوة الشد نعوض التعجيل في معادلة (1)

$$T = 10 \times 2 = 20 \text{ N}$$



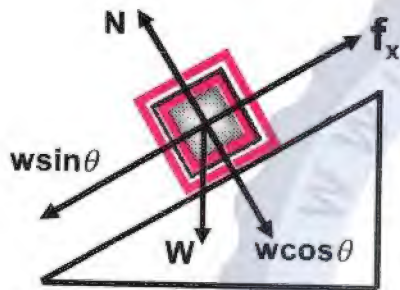
من 7/ وضع جسم على سطح مائل بزاوية 37° فوق الافق فتحرك الجسم من السكون فإذا كان معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح (0.5) ما مقدار كل من

(1) تعجيل الجسم

(2) الازاحة والسرعة بعد مرور (2 sec) من بدء الحركة.

الجواب /

(1) لحساب التعجيل



$$\Sigma f = ma$$

$$W \sin \theta - f_k = ma$$

$$mg \sin 37 - M_k N = ma$$

$$mg \sin 37 - M_k mg \cos 37 = ma$$

$$m(10)(0.6) - (0.5)m(10)(0.8) = ma$$

$$6m - 4m = ma$$

$$(6-4)m = ma \rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$\Delta x = V_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$= 0 + \frac{1}{2} \times 2 (2)^2 = 4m$$

$$V_f = V_i + a \Delta t$$

$$= 0 + 2 \times 2 = 4 \frac{m}{s}$$

واجبات

(1) وضع جسم كتلته 12 kg على سطح أفقي أملس وسحب بقوة مقدارها (6N) ما الازاحة التي يقطعها الجسم بعد (5 sec) من حركته؟ الجواب / (6.25m)

(2) يمر حبل على بكره مهملة الوزن والاحتكاك ويعلق بين طرفيه جسم كتلته 4 kg والاخر جسم كتلته 12 kg أحسب:

(1) التعجيل ج $(5 \frac{m}{s^2})$

(2) قوة الشد الحبل ج (60 N)

(3) بدأ الجسم كتلته 20 kg الحركة بسرعة $25 \frac{m}{s^2}$ على سطح أفقي خشن فتوقف بعد ان قطع مسافة 50 m ما مقدار القوة التي تؤثر بها السطح في الجسم اذا كانت ثابتة على طول المسار؟

ج (125 N)

(4) جسم كتلته 20 kg موضوع على سطح أفقي خشن معامل احتكاكه 0.2 ربط الجسم بخيط يتصل ببكره محملة الوزن والاحتكاك ويتصل نهاية الخيط بجسم معلق كتلته 30 kg أحسب

(1) تعجيل المجموعة ج $(6 \frac{m}{s^2})$

(2) قوة الشد الحبل ج (160 N)

(3) المسافة التي يتحرك كل من الجسمين خلال (2 sec) من بدء الحركة ج (12 m)



الفصل الرابع

الاتزان والعزوم Torque and Equilibrium

الاتزان والعزوم

مفهوم الاتزان : Concept of Equilibrium

❖ نلاحظ حولنا ان بعض الاجسام ساكنة والبعض الاخر متحركاً وحركته هذه اما ان تكون بتعجيل او بانطلاق ثابت وبخط مستقيم ويعتمد حال الجسم على محصلة القوى المؤثرة عليه.

س/ كيف يكون حال الجسم اذا كان تحت تأثير محصلة قوى خارجية؟ وهل يكون الجسم متزن؟ وضح ذلك؟

ج/ (1) اذا كانت محصلة القوى المؤثرة على الجسم $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ عندها سيتحرك الجسم بتعجيل ويكون غير متزن وسيخضع الجسم لقانون نيوتن الثاني.

(2) اذا كانت محصلة القوى المؤثرة على الجسم $\Sigma \vec{F} = 0$ عندها سيكون الجسم في حالة اتزان ((سكوني)) او اتزان ((حركي)) وسيخضع لقانون نيوتن الاول.

الجسم الجاسئ/

هو منظومة من الجسيمات يبقى البعد بينها ثابتاً لا يتغير بتأثير القوى والعزوم الخارجية، مثل (كرة مصتمة).

يقسم الاتزان الى:

(1) اتزان انتقالي (2) اتزان دوراني

س/ ما هو الاتزان الانتقالي ومتى يحدث؟

ج/ هو الاتزان الذي يكون الجسم اما في حالة اتزان انتقالي سكوني ((الجسم الساكن)) او في حالة اتزان انتقالي حركي ((الجسم يتحرك بانطلاق ثابت وبخط مستقيم)).

يحدث عندما تكون صافي ((محصلة القوى الخارجية)) المؤثرة على الجسم $\Sigma \vec{F} = 0$ وهذا يعني ان محصلة القوى على المحاور الأفقية والشاقولية (x, y) تساوي صفراً $\Sigma \vec{F}_x = 0$ $\Sigma \vec{F}_y = 0$

س/ ما هو الاتزان الدوراني ومتى يحدث؟

ج/ هو الاتزان الذي يكون الجسم في حالة اتزان دوراني سكوني ((الجسم ساكن لا يدور))، العزوم باتجاه دوران عقارب الساعة = العزوم باتجاه معاكس لعقارب الساعة

يحدث عندما تكون محصلة العزوم للقوى المؤثرة على الجسم حول اي محور يساوي صفراً $\Sigma T = 0$.

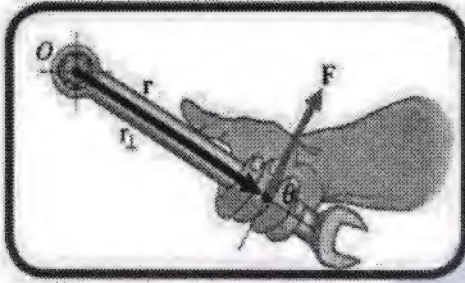
س/ ماذا يقصد بان الاتزان (استاتيكي)؟

ج/ هو الاتزان الذي يتحقق فيه الشرطان الاتزان الانتقالي والاتزان الدوراني في آن واحد.

س/ هل بالضرورة اذا كان الجسم في حالة اتزان انتقالي ان يكون في حالة اتزان دوراني في نفس الوقت؟ وضح ذلك؟

ج/ كلا، اذا كانت محصلة القوى المؤثرة في الجسم تساوي صفراً $\Sigma \vec{F} = 0$ فانه في حالة اتزان انتقالي ولكن اذا كانت هذه القوى لا تلتقي امتدادها في نقطة واحدة عندها سيكون الجسم غير متزن دوارنياً وبذلك هأن الجسم سيدور.

العزم Torque



الشكل (6)

❖ عندما تفتح كتاباً او باباً او شباكاً او تثبت أنابيب المياه نستعمل قوة لها تأثير مدور ((تأثير دوراني)).

❖ حاول تدوير برغي بواسطة اليد ستجد صعوبة لذا نستعمل مفتاح الربط شكل (6) الذي يولد تأثيراً دورانياً كبيراً أي انه يولد عزماً أكبر من العزم باليد.

❖ العزم ناتج عن قوة تحاول تدوير الجسم حول محوره ((محور الدوران)).

❖ العزوم التي تدور الجسم باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة تأخذ الإشارة الموجبة والعزوم التي تدور الجسم باتجاه دوران عقارب الساعة تأخذ الإشارة السالبة.

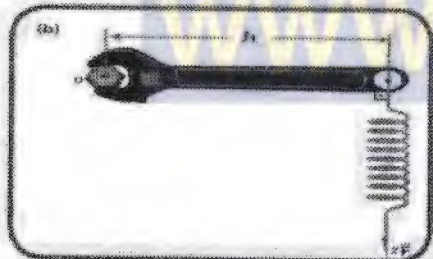
∴ **العزم** / هي قابلية القوة على تدوير الجسم على محور معين وهو كمية اتجاهية ناتجة عن حاصل الضرب الاتجاهي لمتجه الموقع \vec{r} ومتجه القوة \vec{F} ووحداته $M \cdot N$.

$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F}$$

متجه العزم \vec{T} يكون عمودياً على المستوى الذي يحتويه (\vec{F}, \vec{r}) وحسب قاعدة الكف اليمنى .



الشكل (7a)



الشكل (7b)

نشاط:

س1 / **وضح بنشاط تأثير القوة على مقدار عزم القوة**

ادوات النشاط / مفتاح ربط، برغي، قبان حلزوني، خيط.

خطوات النشاط

- ادخل رأس البرغي في فوهة مفتاح الربط.
- بواسطة القبان الحلزوني سلط قوة صغيرة (F) عمودية على ذراع المفتاح بحيث تؤثر في طرف المفتاح وعلى بعد (l_1) من البرغي لاحظ الشكل.
- حاول تدوير البرغي بواسطة مفتاح الربط تجد صعوبة في التدوير.
- اعمل على مضاعفة القوة الاولى اي تصبح $12F$ وعلى البعد نفسه عن محور الدوران ستجد عندئذ سهولة في تدوير البرغي.

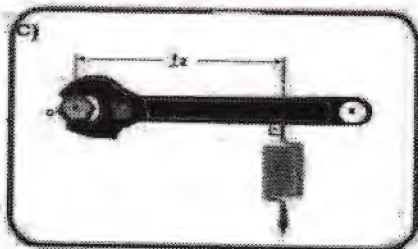
الاستنتاج / ان عزم القوة يتناسب طردياً مع مقدار القوة أي ان $\vec{T} \propto \vec{F}$.

س2 / **وضح بنشاط تأثير البعد العمودي من نقطة تأثير القوة الى محور الدوران على مقدار عزم القوة.**

ادوات النشاط / مفتاح رابط، برغي، قبان حلزوني، خيط

خطوات النشاط

- ادخل رأس البرغي في فوهة مفتاح الربط.
- بواسطة القبان الحلزوني سلط قوة صغيرة (F) عمودية على ذراع المفتاح في طرف المفتاح وعلى بعد (l_1) من البرغي لاحظ الشكل



- حاول تدوير البرغي بواسطة مفتاح الربط تجد صعوبة في التدوير.
- نستعمل مقدار القوة F نفسها في نقطة تأثيرها على بعد ℓ_2 بحيث تكون أقرب الى البرغي نجد صعوبة أكثر في تدوير البرغي.

الاستنتاج / ان مقدار العزم يتناسب طردياً مع البعد العمودي عن محور الدوران $T \propto \ell$ بثبوت F

س3/ وضح بنشاط تأثير الزاوية (θ) بين خط فعل القوة والخط الواصل بين نقطة الدوران ونقطة

تأثير القوة على مقدار عزم القوة.

ادوات النشاط / مفتاح رابط، برغي، قبان حلزوني، خيط

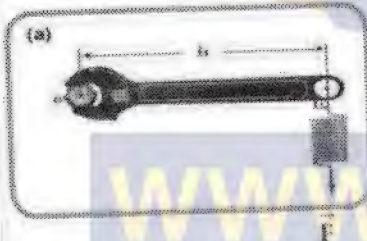
خطوات النشاط

- ادخل رأس البرغي في فوهة مفتاح الربط.
- بواسطة القبان الحلزوني سلط القوة (F) عمودية على ذراع المفتاح في طرف المفتاح وعلى بعد (ℓ_1) من البرغي
- حاول تدوير البرغي بواسطة مفتاح الربط تجد صعوبة في التدوير.
- اجعل القوة غير عمودية على ذراع المفتاح (أي تعمل زاوية θ مع ذراع المفتاح)، وحاول تدوير البرغي تجد صعوبة أكبر في تدوير البرغي.
- اجعل خط فعل القوة بموازاة ذراع المفتاح أي مقدار القوة \vec{F} عبر مركز الدوران ستجد عندها ينعدم التأثير الدوراني للقوة.

الاستنتاج / اعظم عزم مدور عندما تكون القوة عمودية على ذراع المفتاح ويقل العزم عندما تقل الزاوية θ بين خط فعل القوة وذراع المفتاح وتنعدم عندما القوة او امتداداتها يمر في مركز الدوران.

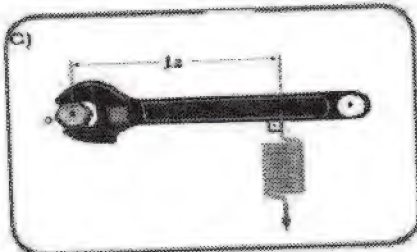
س4/ ماهي العوامل التي يعتمد عليها مقدار عزم القوة .

الجواب /



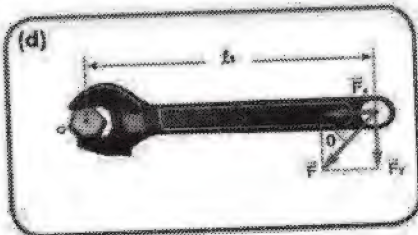
(1) عزم القوة يتناسب طردياً مع مقدار القوة أي $\vec{T} \propto F$ بثبوت البعد ℓ عن محور الدوران.

(2) مقدار عزم القوة يتناسب طردياً مع البعد العمودي عن محور الدوران .



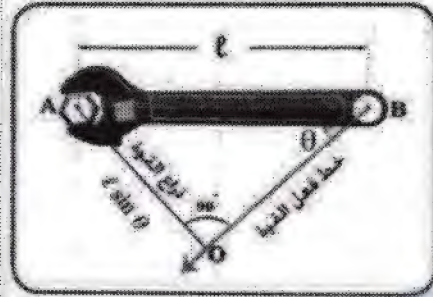
أي ان : $\vec{T} \propto \ell$ بثبوت F

ذراع القوة ℓ وهو البعد العمودي عن محور الدوران



(3) الزاوية θ بين خط فعل القوة والخط الواصل بين نقطة الدوران نقطة تأثير القوة أي :

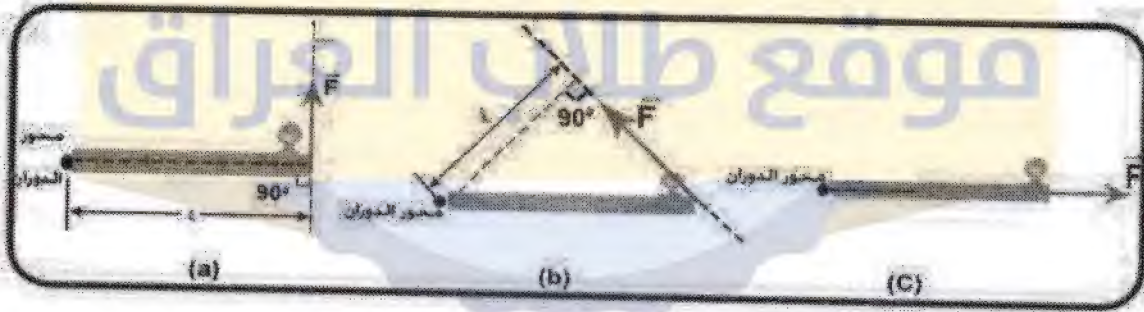
$$T = F \ell \sin \theta$$

كيفية حساب ذراع القوة (ذراع العزم) :

نرسم خط مستقيم يربط خط فعل القوة مع البعد العمودي عليه من نقطة الدوران (المحور) فتحصل على مثلث قائم الزاوية AOB لاحظ الشكل فيكون ذراع القوة هو الضلع القائم AO يساوي $l \sin \theta$ وعندئذ عزم القوة $T = F l \sin \theta$

تذكر :

- (1) ان العزم يكون بمقداره الاعظم T_{max} عندما يكون خط فعل القوة عمودياً على الخط الواصل بين نقطة تاثير القوة ومحور الدوران (شكل a) . $T_{max} = F l$
- (2) عندما يكون خط فعل القوة مائلاً فان العزم يقل وكلما صغرت الزاوية قل العزم (شكل b) .
- (3) يكون العزم $T = 0$ عندما يمر خط فعل القوة في نقطة او محور الدوران اي $l = 0$ ومنه $T = F l = 0$ اي $\theta = 0$ (شكل c) .

**فكر :**

اي القوة المبينة في الشكل (a , b)

تسبب عزم اقل لمفتاح الربط في تدوير

البرغي علماً ان مقادير القوى المؤثرة متساوية .

الجواب / الشكل (a)

$T_a = F_a \sin \theta (l)$ تولد عزمها اقل F_a

مما يولد عزم القوة F_c

$$T_c = F_c \cdot l$$

بينما ينعلم العزم ناتج عن القوة F_a لان خط تاثير القوة ماراً بمحور الدوران.

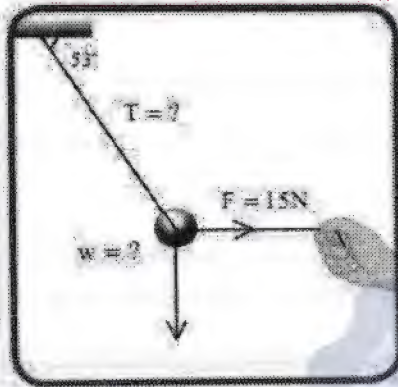
الشكل (b)

$T_b = F_b (\frac{1}{2} l)$ تولد عزمها اقل F_b مما تولده القوة F_a

$$T_a = F_a \cdot l$$



مثال 1/ في الشكل كره معلقة بطرف خيط سحبت جانبا بقوة افقية مقدارها (15N) احسب مقدار



(1) قوة الشد (T) في الخيط . (2) وزن الكره (w) .

علما ان $\cos 53 = \frac{3}{5} = 0.6$ $\sin 53 = \frac{4}{5} = 0.8$

/ الحل

نرسم مخطط الجسم الحر ونؤشر القوى المؤثرة عليه وهي

(1) وزن الجسم (W)

(2) القوة الافقية \vec{F}

(3) قوة الشد (T) المائلة بزاوية 53°

نحلل قوة الشد T الى مركبتين افقية وشاقولية

المركبة الافقية $T \cos 53$

المركبة الشاقولية $T \sin 53$

∴ الجسم في حالة توازن استاتيكي

∴ $\Sigma F = 0$ ويكون

$$\Sigma F_x = 0 \quad , \quad \Sigma F_y = 0$$

محصلة القوى الافقية ΣF_x هي

$$\Sigma F_x = F - T \cos 53 \Rightarrow \Sigma F_x = 15 - T \times 0.6$$

$$0 = 15 - T \times 0.6 \quad \text{لاحظ الشد باتجاه محور X السالب}$$

$$T = \frac{15}{0.6} = 25 \text{ N} \quad \text{قوة الشد}$$

لاحظ الوزن الى الاسفل (سالب)

$$0 = T \sin 53 - w$$

$$W = 25 \times 0.8$$

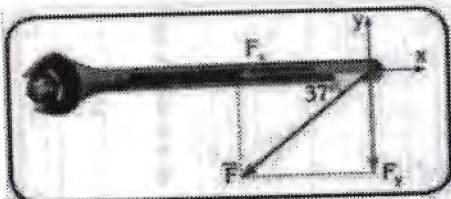
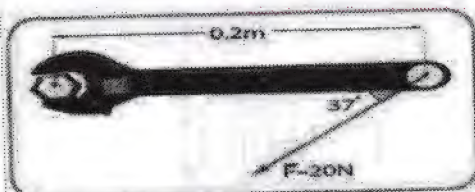
$$w = 20 \text{ N} \quad \text{الوزن}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_y = T \sin 53 - w$$

مثال 2/ اذا كان مقدار القوة المسلطة على مفتاح ربط طوله 0.20m تساوي (20N)

احسب مقدار العزم الناتج عن هذه القوة .



/ الحل

∴ القوة المؤثرة مائلة بزاوية نحلها الى مركبتين افقية وشاقولية .

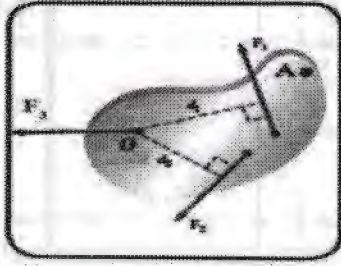
القوة الافقية $F_x = 0$ لأن اتجاهها عمودي على الخط الواصل بين

نقطة تاثير القوة ومحور الدوران اما القوة الشاقولية F_y فانها

تولد عزم تدور المفتاح باتجاه عقارب الساعة .

$$T = F_y \cdot \ell \Rightarrow = F \sin \theta \ell$$

$$T = 20 \times 0.6 \times 0.2 = 2.4 \text{ N.m}$$

صافي العزوم واتجاه الدوران :

عندما تؤثر قوى متعددة في جسم واحد وتحاول تدويره فإن عزم كل

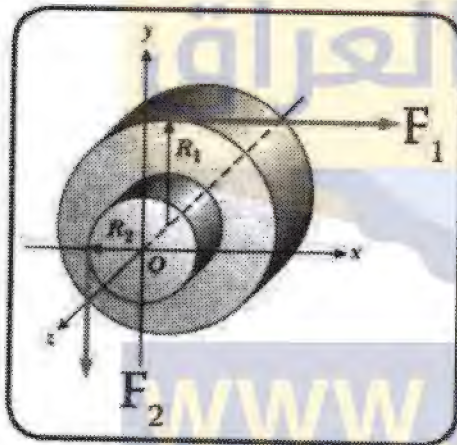
قوة يحسب حول نقطة الدوران نفسها . فيكون المجموع الاتجاهي

للعزوم المنفردة يساوي صافي العزوم (محصلة العزوم) τ_{net}

$$\vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \vec{\tau}_3 + \dots$$

مجموع العزوم المدورة باتجاه عقارب الساعة = مجموع العزوم المدورة باتجاه معاكس لعقارب الساعة .

مثال 3/ اسطوانة صلبة جاسئة يمكنها الدوران حول محور افقي (مهمل الاحتكاك) لف حبل حول محيطها الخارجي ذو نصف القطر (R_1) لاحظ الشكل فإذا سلطت القوة الأفقية F_1 التي تتجه نحو اليمين ولف حبل آخر حول المحيط الأصغر ذو نصف القطر R_2 وسلطت القوة F_2 نحو الأسفل في طرف الحبل الثاني احسب صافي العزوم المؤثرة في الاسطوانة حول المحور Z إذا كانت $F_2 = 6\text{ N}$, $R_1 = 1\text{ m}$, $F_1 = 5\text{ N}$, $R_2 = 0.5\text{ m}$

الحل /

عزم القوة F_1 والذي هو τ_1 يكون سالب

(لأنه يحاول تدوير الاسطوانة باتجاه عقرب الساعة)
اي ان $\tau_1 = -R_1 F_1 \Rightarrow \tau_1 = -5 \times 1 = -5\text{ N.m}$

عزم القوة F_2 والذي هو τ_2 يكون موجب

(لأنه يدور الاسطوانة باتجاه عكس عقرب الساعة)
 $\tau_2 = R_2 F_2 \Rightarrow \tau_2 = 0.5 \times 6 = 3\text{ N.m}$

صافي العزوم $\Sigma \tau$

$$\Sigma \tau = \tau_1 + \tau_2$$

$$\Rightarrow \Sigma \tau = R_2 F_2 + R_1 F_1$$

$$\Rightarrow 3 - 5 = -2\text{ N.m}$$

∴ الاسطوانة تدور باتجاه عقرب الساعة

مثال 4/ سلم منتظم طوله l وكتلته (m) يستند على جدار شاقولي أملس لاحظ الشكل وكان معامل الاحتكاك السكوني بين السلم والارض $\mu_s = 0.4$ جد اصغر زاوية θ بحيث لا يحصل انزلاق للسلم

الحل /

السلم في حالة اتزان سكوني ويكون تحت تاثير اربعة قوى

\vec{P} = رد فعل الجدار على السلم

\vec{N} = رد فعل الارض على السلم

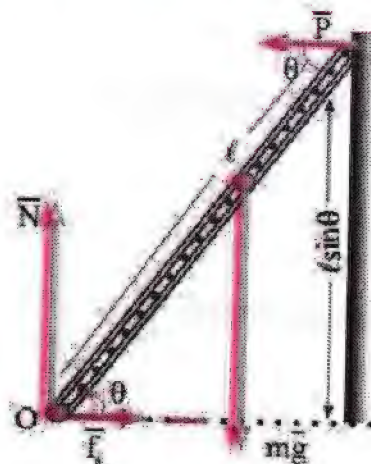
f_s = قوة الاحتكاك بين الارض والطرف السفلي للسلم

Mg = وزن السلم

الشرط الاول للتوازن $\Sigma \vec{F} = 0$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow f_s - p = 0$$

قوة الاحتكاك $f_s = \mu_s N$ ومنه $f_s = p$



$$p = \mu_s N \text{ ----- (1)}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N - mg = 0$$

$$mg = N \text{ ----- (2)}$$

نعوض المعادلة (2) في (1)

$$p = \mu_s \times mg \text{ ----- (3)}$$

(2) الشرط الثاني للتوازن (الاتزان الدوراني)

$$\sum \tau = 0$$

نختار النقطة (0) مركز للعزم

العزم باتجاه عقرب الساعة = العزم باتجاه عكس عقرب الساعة $P \ell \sin \theta = mg(\frac{1}{2} \ell \cos \theta)$

$$\frac{\ell \sin \theta}{\ell \cos \theta} = \frac{mg}{2p}$$

$$\tan \theta = \frac{mg}{2p} = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_s}$$

$$\tan \theta = \frac{1}{2 \times 0.4} = \frac{1}{0.8}$$

$$\tan \theta = 1.25$$

$$\theta = 51^\circ$$

قياس زاوية ميل السلم عن الارض وهي اصغر قياس للزاوية لاينزلق فيها السلم .

المزدوج /

هو قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستان بالاتجاه ومتوازيتان وليس لهما خط فعل مشترك يكتسب الجسم بتاثيرهما حركة دورانية مثل مفتاح حفزية الماء - مقود السيارة - مفتاح تغيير الاطارات

ملاحظات

(1) تختلف قوتي المزدوج عن قوتي الفعل ورد الفعل حيث ان الفعل ورد الفعل قوتان توثران في جسمين مختلفين وعلى خط فعل مشترك بينما المزدوج يؤثر على جسم واحد وليس له خط فعل مشترك.

(2) مفهوم عزم المزدوج يختلف عن مفهوم عزم القوة . فعزم القوة يتعلق بالنقطة التي يؤخذ حولها هذا العزم اما عزم الازدواج فيحدد بقوته وذراعه ومستوى تاثيره ولا يتعلق بمقداره باي نقطة في المستوي.

(3) قوتا العزم المزدوج لهما المقدار نفسه وخط عملهما خطان مختلفان ومتوازيان وان صايف عزم الدوران لهما حول اي محور يساوي (ZFL).

(4) ذراع العزم المزدوج هو الخط الواصل بين خطي تاثير قوتا العزم المزدوج.

(5) مجموع القوى التي تكون مزدوج لا توجد في حالة اتزان دوراني لان محصلة العزوم لا تساوي صفر بينما يوجد توازن انتقالي لان محصلة القوى تساوي صفر .

(6) المزدوج متجه اتجاهه يمر بمحور الدوران ويوازيه ويكون باتجاه ابهام اليد اليمنى عندما يكون اتجاه الدوران باتجاه لفة الاصابع .

(7) لا يمكن معادلة المزدوج بقوة واحدة لانها ستولد حركة انتقالية وانما يعادل ويبطل مفعوله بمزدوج اخر يساويه في مقدار العزم ويعاكسه في الاتجاه .

(8) يقاس عزم الازدواج بوحدته العزم N.m

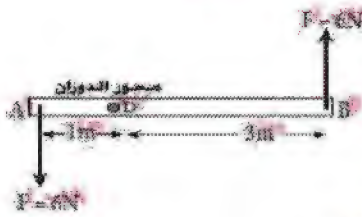
(9) تاثير قوتي الازدواج على الجسم يكسبه حركة دورانية لان محصلة العزم لها لا تساوي صفراً $\sum T = I\alpha$ وتتوقف هذه الحركة على :

(أ) مقدار قوتي الازدواج F وطول الذراع d

(ب) وضع مستوى تاثير الازدواج τ

(ج) اتجاه الدوران في هذا المستوى .

$$\text{عزم المزدوج} = \text{احد القوتين في البعد العمودي بينهما} = \vec{1} + \vec{2} = \vec{\text{total}}$$



انظر الى الرسوم الثلاثة
من ملاحظتك تستطيع ان تختار النقطة التي تمثل محور الدوران
اذ لا يؤثر موقعها في مقدار عزم المزدوج .



$$\vec{T}_{\text{total}} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2$$

عزم المزدوج = احد القوتين في البعد العمودي بينهما

$$T_{\text{total}} = F (Ac + cB)$$

$$= F (AD + DB)$$

$$= F \times AB$$

$$T_{\text{total}} = 6 \times (2 + 2)$$

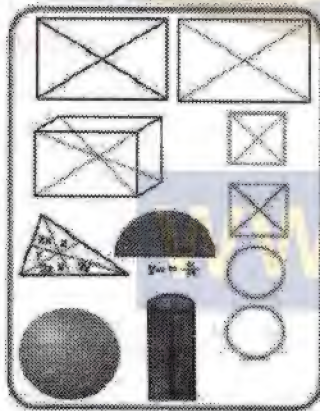
$$= 6 \times (1 + 3)$$

$$= 6 \times 4$$

$$T_{\text{total}} = 24 \text{ Nm}$$



مركز الكتلة :-



هي النقطة التي يفترض ان يكون مجموع كتل الجسيمات المؤلفة له (m) متمركزة فيها ويرمز لها بـ (cm) فعندما تؤثر قوة F في مركز كتلة المنظومة (cm) فان المنظومة تتحرك بتعجيل $F = ma$ وكان صافي القوة تؤثر في مركز كتلة جسم واحد وهي كتلة المنظومة .

ان الاجسام الهندسية (المتناظرة والمتجانسة) فان مركز كتلتها تقع على محور التناظر وهو المركز الهندسي للجسم من كره ، مكعب ، اسطوانة .
اما اذا كان الجسم غير متجانس وغير متناظر فان مركز الكتلة يقع عند نقطة اقرب الى الجزء الاكبر كتلة .

مركز الثقل :-

من الطبيعي ان الجاذبية الارضية تؤثر على جميع اجزاء اي جسم ولكن في حسابات عزم الدوران يبدو ان قوة الجاذبية (وزن الجسم) تؤثر في نقطة واحدة فيه تسمى هذه النقطة مركز الثقل (Cg)

تعريف مركز الثقل :-

هو النقطة التي لو علق منها الجسم في اي وضع كان فان الجسم لا يحاول الدوران لأن صافي العزوم في الجسم حول تلك النقطة يساوي = صفر وهذه النقطة هي مركز ثقل الجسم وان مركز ثقل الاجسام المتجانسة والمتناظرة يقع في مركزها الهندسي .

علل / لا يدور الجسم لو علق من مركز ثقله

ج / لان قوة الجاذبية الارضية المؤثرة فيه وهي وزن الجسم وكذلك قوة الشد الحبل يمران بمركز ثقل الجسم فيكون صافي العزوم في الجسم حول تلك النقطة يساوي صفراً .

اسئلة الفصل الرابع

س1/ اختر العبارة الصحيحة في كل مما يلي :

(1) يقاس العزم بوحدات .

Kg/m (d) kg.m (C) N/m (b) N.m (a)

$$\tau = \vec{F} \times \vec{r} = \text{N.m}$$

الجواب / هو (a) N.m

(2) لكي يكون الجسم متزاناً ويتحقق شرطاً الاتزان فإن

$$\sum \vec{F} > 1, \quad \sum \tau = 0 \quad (b)$$

$$\sum \vec{F} < 0, \quad \sum \tau > 0 \quad (a)$$

$$\sum \vec{F} > 0, \quad \sum \tau = 0 \quad (d)$$

$$\sum \vec{F} = 0, \quad \sum \tau = 0 \quad (c)$$

$$\sum \vec{F} = 0, \quad \sum \tau = 0$$

الجواب / هو (c)

(3) يدفع شخص باباً بقوة مقدارها (10N) تؤثر عمودياً عند نقطة تبعد (80cm) من مفصل

الباب فإن عزم هذه القوة (بوحدات N.m) يساوي

8 (b) 0.08 (a)

800 (d) 80 (c)

$$\tau = F \ell \sin 90$$

التوضيح

$$\tau = 10 \times 0.8 = 8 \text{ N.m}$$

الجواب / هو 8 N.m

(4) يستقر ساق متجانس من منتصفه فوق دعامة فإذا أثرت قوتان متساويتان مقداراً ومتعاكستان

اتجاهاً ومقدار كل منهما \vec{F} في طرفيه فإن محصلة القوى تساوي $2\vec{F}$ نحو الأعلى (a) $2\vec{F}$ نحو الأسفل (b) $\frac{\vec{F}}{2}$ نحو الأسفل (c) صفراً (d)

الجواب / هو (d) صفراً

التوضيح /

مجموع القوى نحو الأعلى = مجموع القوى نحو الأسفل .

$$\sum F = F - F = 0 \quad (\text{محصلة القوى} = \text{صفر أي يوجد توازن انتقالي})$$

(5) في السؤال السابق ، نتيجة تأثير هاتين القوتين في الساق فإنه سوف :

يدور (a) يبقى ساكناً (b)

يتحرك انتقالياً (c) يتحرك حركة اهتزازية (d)

الجواب / هو (a) يدور

التوضيح / لأنه مزدوج أي لا يوجد توازن دوراني لأن محصلة العزوم لا تساوي صفر

- (6) عتلة متجانسة كتلتها m لاحظ الشكل معلق من الاعلى عند النقطة O وتتحرك هذه العتلة بحرية كالبندول اذا اثرت فيها قوة F عموديا على العتلة ومن طرفها السائب فان اعظم قوة مقدارها F تجعل العتلة متزنة وبزاوية مع الشاقول تساوي:

التوضيح

النقطة O محور العزوم $\sum \vec{F} = 0$ ، $\sum T = 0$

محصلة العزوم باتجاه عقرب الساعة =
محصلة العزوم عكس اتجاه عقرب الساعة

$F \ell = mg \times \frac{1}{2} \ell \sin \theta$
 $F = \frac{1}{2} mg \sin \theta$



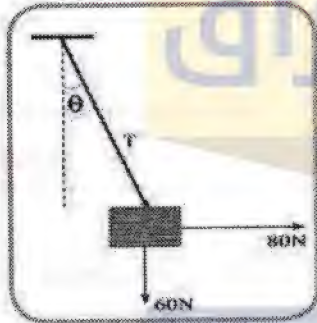
- 2 mg (a)
2mg sin θ (b)
2mg cos θ (c)
 $\frac{mg}{2} \sin \theta$ (d)

الجواب / هو (d)
 $\frac{mg}{2} \sin \theta$

- (7) صندوق يزن (60N) معلق بواسطة حبل في مسند رأسي لاحظ الشكل فاذا اثرت فيه قوة افقية مقدارها (80N) فسوف يصنع الحبل مع الشاقول زاوية قياسها:

- 45° (b) 37° (a)
53° (d) 60° (c)

الجواب / هو (d)
53°



تؤثر على الجسم ثلاث قوى هي الشد T ، $F_x = 80 \text{ N}$ وزن الجسم $w = 60 \text{ N}$

الاتزان الانتقالي $\sum F = 0$ اي $F_y = 0$ ، $F_x = 0$

نحلل الشد T لانه يميل بزاوية .

المركبة الافقية $F - T \sin \theta = 0$ ، المركبة العمودية $T \cos \theta - W = 0$

$80 - T \sin \theta = 0$ ----- (1)

$T \cos \theta - 60 = 0$ ----- (2)

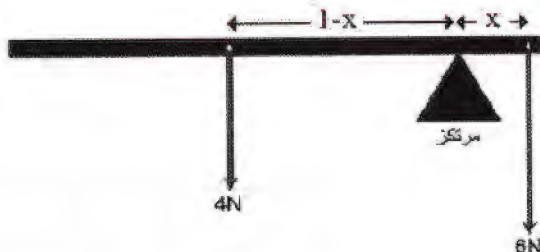
بالقسمة

$-\frac{80}{60} = -\frac{\sin \theta}{\cos \theta} \Rightarrow \frac{4}{3} = \tan \theta \Rightarrow \theta = 53^\circ$

- (8) لوح متجانس وزنه (4N) وطوله 2m معلق في احد طرفيه جسم وزنه 6N لاحظ الشكل - يتزن افقيا عند نقطة يركز عليها تبعد عن الطرف المعلق به الجسم مسافة:

- 0.8 m (d) 0.6 m (c) 0.4 m (b) 0.2m (a)

الجواب / هو (b)
0.4 m



التوضيح $F_1 X = F_2 (1-X) \Rightarrow 6X = 4(1-X)$

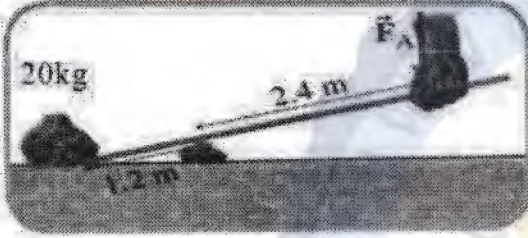
$6X = 4 - 4X \Rightarrow 6X + 4X = 4$

$10X = 4 \Rightarrow X = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ m}$

المسائل

س1/ ما مقدار القوة F_A التي يجب ان يؤثر فيها العامل في العتلة كي يستطيع رفع ثقل كتلته 20Kg المبين في الشكل المجاور .

الجواب / محصلة العزوم باتجاه عقرب الساعة = محصلة العزوم باتجاه عكس عقرب الساعة .



$$F_1 l = F_A l$$

$$20 \times 10 \times 1.2 = F_A \times 2.4$$

$$240 = 2.4 F_A$$

$$F_A = \frac{240}{2.4} = 100 \text{ N}$$

س2/ صباغ دور يقف فوق لوح منتظم يتزن افقيا كما مبين في الشكل المجاور وهو معلق من طرفيه بجبلين قوة الشد فيها F_L ، F_R ومقدار كتله الصباغ 75 Kg وكتلة اللوح 20 Kg فاذا كانت المسافة من الطرف الايسر للوح الى موضع وقوف الصباغ هي $d = 2 \text{ m}$ وان الطول الكلي للوح 5 m اوجد



- (a) مقدار القوة F_L المؤثرة بواسطة الحبل الايسر في اللوح .
(b) مقدار القوة F_R المؤثرة بواسطة الحبل اليمين في اللوح .

الحل / (اتزان انتقالي) القوى نحو الاعلى = القوى نحو الاسفل

$$F_R + F_L = 750 + 200$$

$$F_R + F_L = 950 \text{ N} \dots\dots (1)$$

(اتزان دوراني) محصلة العزوم باتجاه عقرب الساعة = محصلة العزوم باتجاه عكس عقرب الساعة

ليكن محور العزوم A مع ملاحظة ان ذراع اللوح هو من منتصفها أي مركز ثقلها

$$F_L \times 0 + F_R \times 5 = 200 \times 2.5 + 750 \times 2$$

$$5 F_R = 500 + 1500$$

$$5 F_R = 2000$$

$$F_R = \frac{2000}{5} = 400 \dots\dots (2)$$

نعوض (2) في (1)

$$400 + F_L = 950$$

$$F_L = 950 - 400 = 550 \text{ N}$$

س3/ يقف صباغ على ارتفاع 3m من الأرض فوق سلم طوله (5m) يستند طرفه الأعلى على جدار شاقولي عند نقطة تبعد (4.7m) من سطح الأرض لاحظ الشكل المجاور فإذا كان وزن الصباغ (680 N) ووزن السلم (120 N) وعلى فرض عدم وجود احتكاك بين السلم والجدار أوجد قوة الاحتكاك (f_s) بين الأرض والطرف الآخر للسلم .

لايجاد θ الحل/

$$\sin \theta = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{4.7}{5}$$

$$\therefore \theta = 70^\circ, \cos 70^\circ = 0.341, \tan \theta = 2.75$$

$$F_s \text{ (قوة الاحتكاك)} = R_x \text{ (رد فعل الجدار)}$$

$$\sum F_x = 0 \quad (\text{الشرط الاول للتوازن})$$

$$F_s - R_x = 0$$

$$\sum \tau = 0 \quad (\text{الشرط الثاني للتوازن})$$

$$R_x \ell \sin 70^\circ = 680 \times \frac{3}{\tan \theta} + 120 \times \frac{1}{2} \times 5 \cos \theta$$

$$R_x \times 5 \times 0.94 = 680 \times \frac{3}{2.75} + 120 \times \frac{1}{2} \times 5 \times 0.341$$

$$R_x \times 4.7 = 741.8 + 102.3$$

$$R_x \times 4.7 = 843.1$$

$$f_s = p = \frac{843.1}{4.7} = 179.38 \text{ N} \quad \text{قوة الاحتكاك}$$

بالامكان اضافة مطلب اخر للسؤال وهو:

جد معامل الاحتكاك بين السلم والأرض

$$\mu_s = \frac{f_s}{N}$$

$$\mu_s = \frac{179.38}{680 + 120}$$

$$\mu_s = \frac{179.38}{800} = 0.224$$

ملاحظة/

رد فعل الجدار R يتحلل الى مركبتين افقية R_x والتي تساوي قوة الاحتكاك بين السلم والأرض ومركبة عمودية R_y = صفر لان الجدار أملس

ملاحظات/

AB ذراع وزن السلم ونقطة A هو محور العزوم

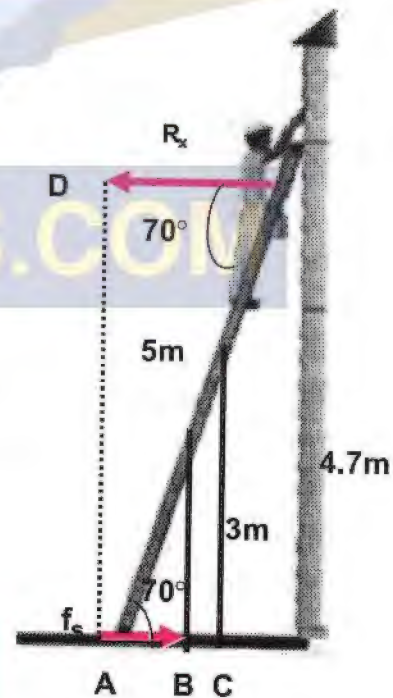
AC ذراع وزن الصباغ، R_x هو رد الفعل للجدار

AD ذراع قوة الاحتكاك

$$\tan \theta = \frac{3}{AC} \Rightarrow AC = \frac{3}{\tan \theta} \quad \text{ذراع وزن الصباغ}$$

$$\cos \theta = \frac{AB}{5} \Rightarrow AB = \cos \theta \times 5 \quad \text{ذراع وزن السلم}$$

حيث $\theta = 70^\circ$



س4/ يجلس ولدان على لوح متجانس مثبت من منتصفه بدعامة كما مبين في الشكل المجاور فإذا كان وزن اللوح 40 N ويؤثر في منتصفه وكان وزن الولد 350 N والولد الثاني 800 N اوجد .
 (a) القوة العمودية F_{\perp} التي تؤثر بها الدعامة على اللوح .
 (b) البعد L كما مبين في الشكل كي يتزن اللوح افقيا .

الحل/

القوى نحو الاعلى = القوى نحو الاسفل

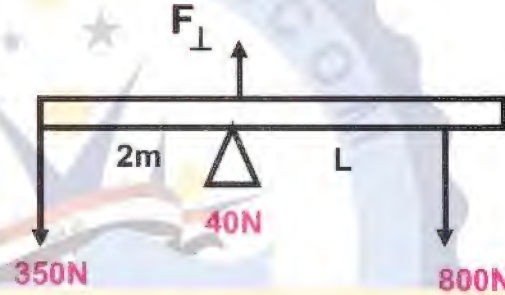
$$F_{\perp} = 800 + 350 + 40$$

$$F_{\perp} = 1190 \text{ N}$$

$$W_1 \times L_1 = W_2 \times L_2$$

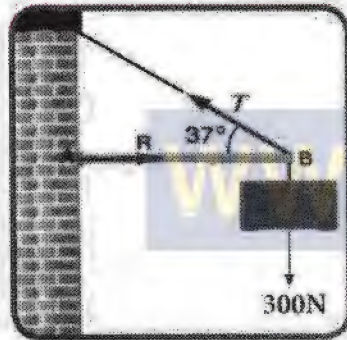
$$350 \times 2 = 800 \times L$$

$$L = \frac{700}{800} = 0.875 \text{ m}$$



موقع طلاب العراق

س5/ لوح افقي مهمل الوزن طوله 6m يبرز من جدار بناية وطرفه السائب مربوط بحبل في جدار ويصنع زاوية 37° مع اللوح كما مبين في الشكل علق في طرفه السائب ثقل مقداره (300N)
 (a) الشد T في حبل الربط
 (b) رد فعل الجدار R على امتداد اللوح

الحل/

العتلة متزنة

محصلة القوى = صفر

القوة الى اليمين = القوة اليسار

$$T \sin \theta = W$$

$$T \sin 37^\circ = 300$$

$$T \sin 0.6 = 300$$

$$T = \frac{300}{0.6} = 500 \text{ N} \quad \text{الشد T في حبل الربط}$$

$$R_x = T \cos 37^\circ$$

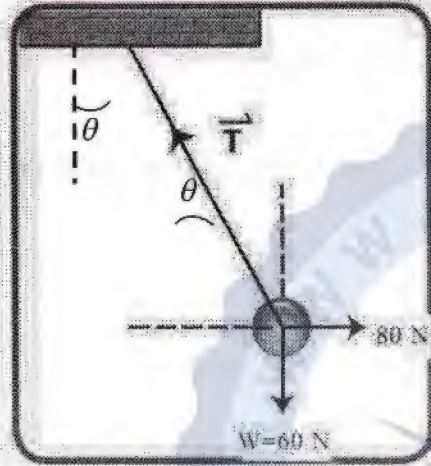
$$R_x = 500 \times 0.8 \Rightarrow R_x = 400 \text{ N} \quad \text{مقدار رد الفعل للجدار R على امتداد اللوح}$$

مكتب الشمس

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصرا



س6/ اثرت قوة افقية مقدارها 80 N في جسم كتلته 6 Kg معلق بواسطة حبل لاحظ الشكل
ما مقدار واتجاه قوة الشد T التي يؤثر بها الحبل على الجسم المعلق لتبقيه في حالة اتزان
سكوني اعتبر التعجيل الارضي $g = 10 \text{ N/Kg}$

**الحل/**

الجسم تؤثر عليه ثلاثة قوى

(1) قوة الشد المائل بزاوية θ مع الشاقول(2) وزن الجسم $W = 60 \text{ N}$

(3) القوة الافقية 80 N

نحلل الشد الى مركبتين:

المركبة الشاقولية $T \cos \theta$ المركبة الافقية $T \sin \theta$

القوى الى اليمين = القوى الى اليسار

القوة الى الاعلى = القوة الى الاسفل

$$80 = T \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$60 = T \cos \theta \quad \dots\dots\dots (2)$$

بالقسمة

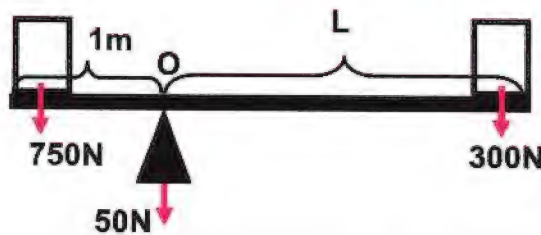
$$\frac{80}{60} = \tan \theta \quad \rightarrow \quad \tan \theta = 1.33$$

مع الشاقول 53° نعوض قيمة θ في معادلة رقم (1)

$$T \sin 53 = 80 \quad \text{الشد } T = \frac{80}{0.8} = 100 \text{ N}$$

مسائل اضافية

س1/ لوح متجانس وزنه 50 N يرتكز على دعامة في منتصفه وضع عليه ثقلين الاول 750N يبعد
1m عن المرتكز والثقل الثاني 300 N موضوع عند الطرف الآخر من اللوح جد:
(a) مقدار القوة العمودية التي تؤثر بها الدعامة في اللوح
(b) بعد الثقل الثاني عن المرتكز

**الحل/**

(1) بما ان اللوح في حالى اتزان سكوني

$$\Sigma F_y = 0$$

$$n = 750 + 50 + 300 = 1100 \text{ N}$$

(2) بما ان اللوح في حالى اتزان دوراني حول محور الدوران O

$$\Sigma T = 0$$

$$750 \times 1 = 300 \times \ell$$

$$\ell = \frac{750}{300} = 2.5 \text{ m}$$

س2/ جسم وزنه 100 N معلق بخيطين مهملي الوزن كم افى الشكل وهو فى حالة اتزان ما قوة الشد فى كل خيط من الخيوط الثلاثة؟

الحل/ بما ان الجسم يتدلى بقوة الشد T_3 عندها $T_3 = 100 \text{ N}$

♦ نحلل القوة المائلة T_1 و T_2 الى مركبتها الأفقية والمُصاقولية ونطبق شرط الاتزان الانتقالي

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T_2 \cos 53^\circ = T_1 \cos 37^\circ$$

$$T_2 \times 0.6 = T_1 \times 0.8$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$\therefore T_1 = 0.75 T_2$$

$$\Sigma F_y$$

$$T_2 \sin 53^\circ + T_1 \sin 37^\circ = T_3$$

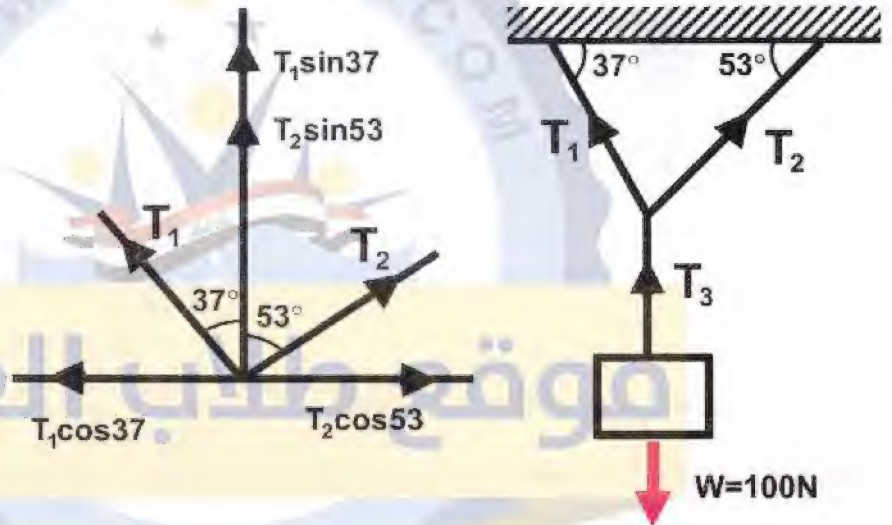
$$T_2 \times 0.8 + 0.75 T_2 \times 0.6 = 100$$

$$0.8 T_2 + 0.45 T_2 = 100$$

$$1.25 T_2 = 100$$

$$T_2 = \frac{100}{1.25} = 80 \text{ N}$$

$$\therefore T_1 = 0.75 \times 80 = 60 \text{ N}$$



س3/ لوح متجانس طوله 5m وكتلته 40kg وضع على مسند على بعد 1m من طرف اليمين وعلق الطرف الايمن بحبل معلق بسقف واللوح بوضع افقي. وقف شخص وزنه 800 N على بعد 1m من الطرف الايمن ما مقدار رد فعل اللوح وما مقدار قوة الشد في الخيط عندما تكون المجموعة متزنة؟

الحل/ بما ان المجموعة فى حالة اتزان

(1) نطبق شرط الاتزان الانتقالي

$$\Sigma F_y = 0$$

$$n + T = 400 + 800$$

$$n + T = 1200 \dots (1)$$

$$\Sigma T = 0$$

(2) نطبق شرط الاتزان الدوراني

لنتخذ نقطة O نقطة محور دوران المجموعة

العزوم باتجاه دوران عقارب الساعة = العزوم باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة

$$400 \times 1.5 + 800 \times 3 = T \times 4 \rightarrow 600 + 2400 = 4T$$

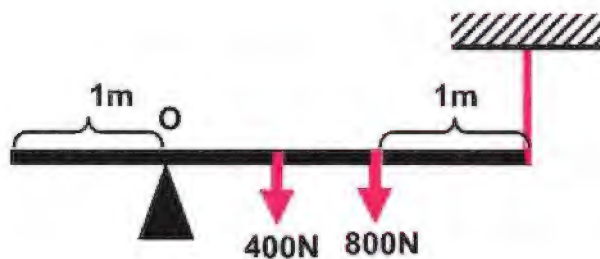
$$3000 = 4T$$

$$T = \frac{3000}{4} = 750 \text{ N} \dots (2)$$

$$n + 750 = 1200$$

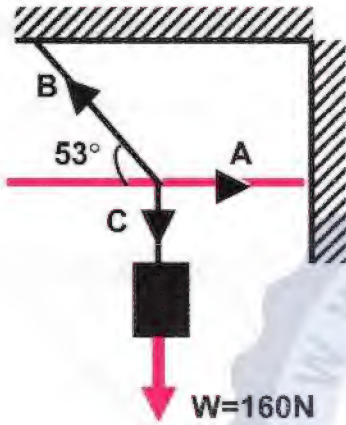
$$n = 1200 - 750 = 450 \text{ N}$$

نعوض (2) في (1)



س4/ علق جسم وزنه 160 N بطرف جبل (C) وربط الطرف الآخر بحبلين أحدهما A متصل أفقياً بجدار والآخر B معلق بسقف ويضع زاوية 53° مع الأفق كما في الشكل

أحسب الشد في الحبال الثلاثة A,B,C



الحل/ بما ان المجموعة في حالة اتزان انتقالي

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T_c = w = 160 \text{ N}$$

نحلل الخيط B الى مركبتين

عندها تكون المركبة الشاقولية لشد الخيط B تساوي

$$T_B \sin 53 = T_c$$

$$T_B \times 0.8 = 160$$

$$T_B = \frac{160}{0.8} = 200 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T_A = T_B \cos 53$$

$$T_A = 200 \times 0.6$$

$$T_A = 120 \text{ N}$$

$$\therefore T_c = 160 \text{ N} , T_B = 200 \text{ N} , T_A = 120 \text{ N}$$

س5/ سلم طوله AB يستند طرفه A على حائط عمودي وامس طرفه B يوضع زاوية 60° مع الارض فإذا كان وزن السلم 40 N حدد مقدار قوة الاحتكاك بين طرفي السلم B والارض ورد فعل الجدار للسلم عند النقطة A

الحل/ (1) بما ان السلم في حالة اتزان سكوني نطبق شرط الاتزان الانتقالي

$$\Sigma F_y = 0$$

$$W = N = 40 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$f_s = P$$

N رد فعل الارض ، W وزن السلم

P رد فعل الجدار ، f_s قوة الاحتكاك

(2) بما ان السلم في حالة اتزان دوراني نطبق الشرط الثاني للاتزان وتتخذ النقطة B مركزاً للعزم

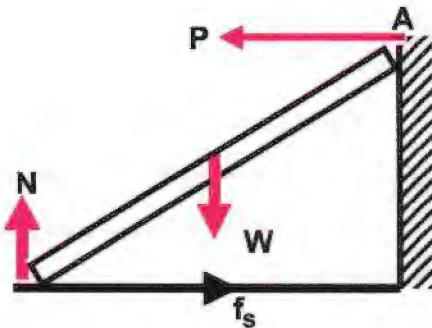
$$\Sigma T = 0$$

العزم باتجاه عقارب الساعة = العزم باتجاه معاكس لعقارب الساعة

$$W = \frac{1}{2} \ell \cos 60 = P \ell \sin 60$$

$$P = \frac{w \cos 60}{2 \sin 60} = \frac{w}{2 \tan 60} = \frac{40}{2\sqrt{3}} = \frac{20}{1.7} = 11.52 \text{ N}$$

$$P = f_s = 11.52 \text{ N}$$

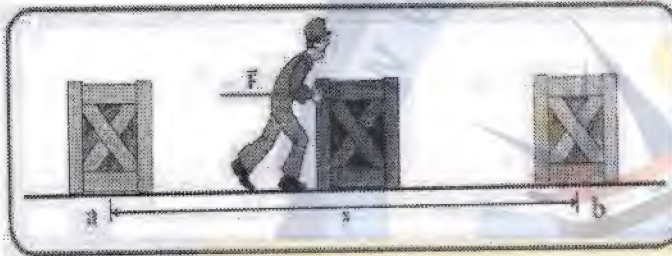


الفصل الخامس

الشغل والقدرة والطاقة والزخم

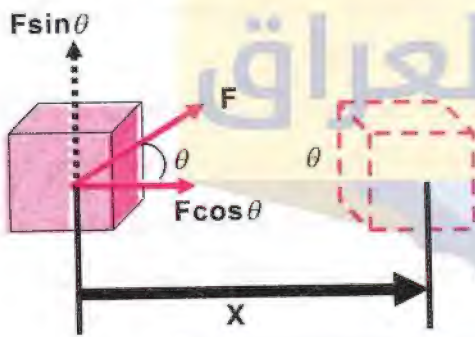
الشغل Work

مفهوم الشغل / ان الشغل بالمعنى الفيزيائي هو قوة مقدارها F تؤثر في جسم وتزيحه ازاحة ما وبشكل موازي لتلك القوة او لاحدى مركباتها .



امثلة على الشغل :

(1) قوة \vec{F} تؤثر على جسم (صندوق) حركته ازاحة X من (a الى b) فانها تنجز عليه شغل .



قوة \vec{F} مائلة بزاوية θ تؤثر على صندوق فتزيحه ازاحة X .
لذلك فان اي قوة مائلة تحلل الى مركبتين افقية وعمودية

الافقية $F \cos \theta$

والعمودية $F \sin \theta$

فان المركبة الافقية $F \cos \theta$

هي التي تنجز شغلاً لأن اتجاهها باتجاه حركة الجسم .

∴ الشغل W

$$W = (F \cos \theta) \cdot X = F \cdot X \cos \theta$$

WWW.IQ-RES.COM

تعريف الشغل رياضياً /

يعرف الشغل رياضياً بالضرب القياسي النقطي (\cdot دوت) بين متجهي القوة والازاحة .

حيث \vec{F} متجه القوة ، \vec{X} متجه الازاحة ، θ الزاوية بين F ، X $\vec{W} = \vec{F} \cdot \vec{X}$

$$W = FX \cos \theta$$

س / ما هو شروط انجاز الشغل؟

ج/ (1) وجود قوة تؤثر في الجسم

(2) يقطع الجسم ازاحة باتجاه تلك القوة أو لاحدى مركباتها.

ملاحظات مهمة في حل مسائل الشغل /

(1) الشغل كمية عددية ووحداته (نيوتن . متر) في النظام العالمي وكل نيوتن . م يسمى جول Joule

$$J = N \cdot m \quad , \quad \because N = kg \frac{m}{s^2} \quad , \quad \therefore J = kg \frac{m^2}{s^2}$$

(2) الشغل الذي تنجزه القوة على الجسم يعتمد على الزاوية θ بين القوة والازاحة وعندها يكون .

(أ) الشغل موجب (+) عندما تكون الزاوية θ حادة أو صفر اي ($0 \leq \theta < 90$) القوة باتجاه الحركة ،

اي الحركة متسارعة ، مثل الدفع والشد والسحب.



- (ب) الشغل سالب (-) عندما تكون θ منفرجة او 180° ($180 \geq \theta \geq 90$) أي القوى بعكس اتجاه الحركة ، أي الحركة بتباطؤ ، مثل قوى الاحتكاك ، قوى الجاذبية الخفض .
(ج) الشغل = صفر عندما تكون القوى المؤثرة عمودية على متجهة الازاحة أي $\theta = 90^\circ$

أو عندما يكون الجسم ساكن أي $\vec{X} = 0$

- (3) كل جسم يرفع الى الاعلى فان الشغل (+) (لان القوى الرافعة للشخص بنفس اتجاه الازاحة)
(4) كل جسم ينخفض الى الاسفل فان الشغل (-) (لان القوى الخافضة للشخص بعكس اتجاه الازاحة)
س / اذا كان الشغل كمية مقدارية ((عددية)) على ماذا تدل الإشارة اسالبة او الموجبة للشغل؟

ج / دلالة على ان النظام الخارجي ((المحيط)) انجز شغلاً على الجسم فيكتسب الجسم طاقة فيكون الشغل موجباً اما في حالة الجسم انجز شغلاً على النظام الخارجي ((المحيط)) فإنه يفقد طاقة فيكون الشغل سالباً .
❖ مثل قوى الاحتكاك فان الجسم ينجز شغلاً على الوسط المحيط للتغلب على قوى الاحتكاك عندها يفقد طاقة .



امثلة على قوى لا تنجز شغل (شغل = صفر)

(1) القوى المركزية .

لانها عمودية على الازاحة $\theta = 90$

$$W = F \times \cos 90 = 0$$

(2) شخص يحمل ثقلاً ويمشي افقياً لأن القوى المبذولة ضد

الوزن عمودية مع الازاحة $\cos 90 = 0$

(3) شخص يدفع حائط الى حد لا عياء .

الشغل = صفر لأنه لا يزيج الحائط

أي $\vec{X} = 0$



مثال ص 107 / رجل يسحب مكينة كهربائية بقوة $F = 50 \text{ N}$ وبزاوية 30° مع الأفق احسب الشغل المنجز من قبل القوة على المكينة عند تحريكها ازاحة مقدارها 3 m باتجاه اليمين .

الجواب /

$$W = F \cos$$

$$W = (50) (3) \cos 30$$

$$W = 150 \times 0.866$$

$$W = 129 \text{ Joule}$$



القوى التي تنجز الشغل هي المركبة الافقية $F \cos 30$

سؤال / لو ان القوة المؤثرة في جسم معين لم تستطيع تحريكه فما مقدار الشغل الذي تكون قد بذلته تلك القوة في هذه الحالة.

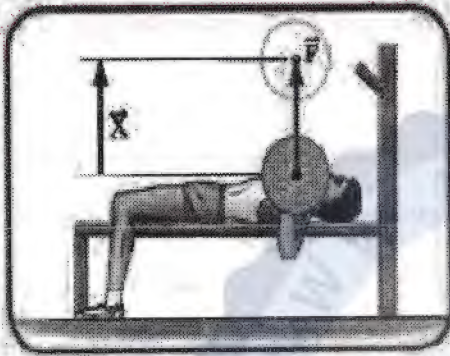
$$W = \vec{F} \cdot \vec{X} = 0$$

الشغل يساوي صفر لأن الازاحة \vec{X} تساوي صفر

الجواب /



مثال 2 ص 107 / رافع أثقال يحمل أثقال مقدارها 710 N وبإزاحة مقدارها 0.65 m الى الأعلى ثم يخفضها بنفس الإزاحة فإذا كانت سرعة الرفع والخفض نفسها ماهو الشغل المنجز من قبل رافع الانتقال في الحالة (a) وفي الحالة (b) .

**الجواب /****الحالة (a)**

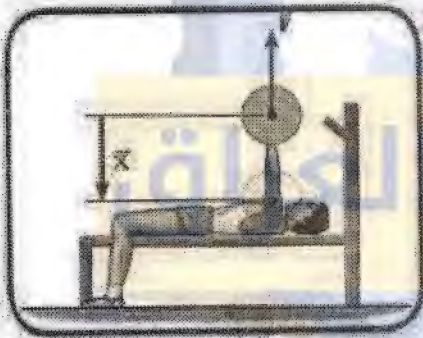
متجهة القوة الى الاعلى ومتجهة الازاحة الى الاعلى

فان الزاوية بينهما $\theta = 0$ اي $\cos \theta = \cos 0 = 1$

$$W = F \cdot X \cos \theta$$

$$w = 710 \times 0.65 \times \cos 0$$

$$W = 460 \text{ Joule}$$

**الحالة (b)**

متجهة القوة الى الاعلى ومتجهة الازاحة الى الاسفل

فان $\theta = 180^\circ$ اي $\cos 180^\circ = -1$

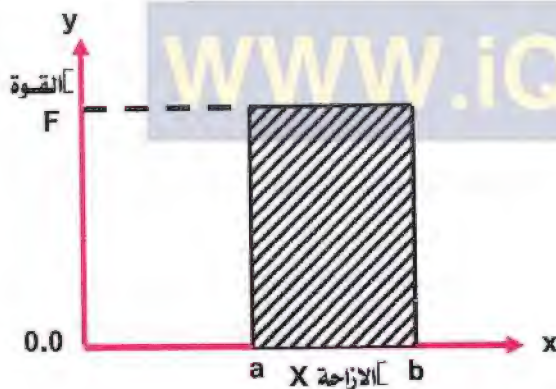
$$W = F \cdot X \cos \theta$$

$$w = 710 \times 0.65 \times -1$$

$$W = -460 \text{ Joule}$$

التمثيل البياني للشغل /

❖ اذا تم ازاحة جسم أفقياً بتأثير قوة ثابتة فإنه يمكن تمثيل العلاقة بين القوة والازاحة بيانياً، كما في الشكل



المحور الافقي يمثل الازاحة X

والمحور العمودي Y يمثل القوة F

والازاحة X متغيرة من a الى b

والقوة ثابتة فان المساحة المظللة تمثل الشغل وتساوي

مساحة مستطيل طوله (ab) وعرضه (of)

$$W = \vec{F} \cdot \vec{X}$$

الشغل لعدة قوى مؤثرة في الجسم /

يتم بتحليل كل قوة الى مركباتها مركبة شاقولية ومركبة افقية

ويحسب شغل كل مركبة على حده ثم نحسب الشغل الكلي .

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصراً

موبايل / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١ / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢



مثال 3 ص 107 / شخص يسحب صندوق بواسطة حبل على سطح افقي خشن بسرعة ثابتة وبقوة شد \vec{F} والزاوية بين الحبل والمحور الافقي X هي 37° فاذا تحرك الصندوق $5m$ بحيث كانت قوة الاحتكاك الانزلاقي f_k هي $20N$ مامقدار قوة الشد \vec{F} ومامقدار الشغل المنجز بواسطة قوة الشد . وبواسطة قوة الاحتكاك الانزلاقي

الحل /

بما ان الصندوق يتحرك بسرعة ثابتة فان الجسم في حالة اتزان استاتيكي

$$\sum F_x = 0 \text{ (قانون نيوتن الاول)}$$

$$W = \vec{F} \cdot \vec{X} = (0) \cdot (X) = 0$$

$$F_x = f_k$$

$$W_1 = -W_2$$

حيث W_1 هو الشغل الذي تبذله القوة F

و W_2 هو الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك الانزلاقي

$$F \cos \theta = f_k$$

$$F \cos 37 = 20 N$$

$$F \times 0.8 = 20 N$$

$$F = \frac{20}{0.8} = 25 N$$

$$\therefore W_1 = F \cos 37 \times 5$$

$$W_1 = 25 \times 0.8 \times 5 = 100 J$$

$$W_2 = f \cos 180 \times 5 = (20)(-1) \times 5$$

$$W_2 = -100 J$$

القدرة : Power

هو المعدل الزمني لانجاز الشغل

$$\text{Power (Watt)} = \text{Work (Joule)} / \text{Time (S)}$$

$$P = w / t$$

(*) تقاس القدرة بوحدة Joule / Second

وتعرف بالواط (Watt)

وهناك وحده قياس للقدرة تسمى

القدرة الحصائية (hp) (horse power)

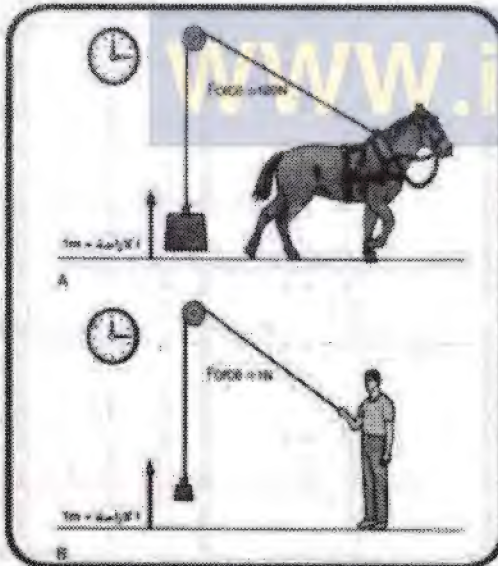
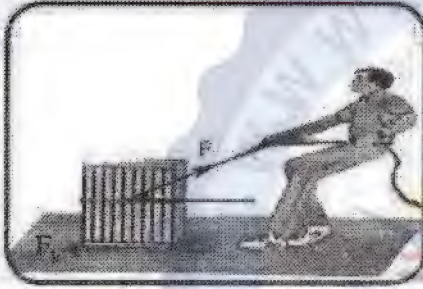
$$1 \text{ horse Power (hp)} = 746 \text{ Watt}$$

(*) هناك علاقة للقدرة تسمى القدرة اللحظية

Instantaneous Power وهي القدرة المتوسطة

حينما تقرب الفترة الزمنية الى الصفر .

عندما تكون القوة ثابتة مع الزمن فان القدرة اللحظية P_i تعطى بالعلاقة التالية :



الشكل (11)

$$\text{Instantaneous Power (} P_i \text{)} = \frac{\text{work done (} W_1 \text{)}}{\text{Time (} t \text{)}} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{X}}{t}$$

$$\text{حيث } V_1 = \frac{x}{t} \text{ (السرعة اللحظية)}$$

$$P_i = \vec{F} \cdot \vec{V}_1 \rightarrow P_i = FV \cos \theta$$

حيث θ الزاوية بين \vec{F} , \vec{V}_1

مثال 4 / مصعد كهربائي محمل بعدد من الأشخاص يرتفع الى الاعلى بسرعة ثابتة 0.7m/s فاذا كانت القدرة التي ينجزها السلك الفولاذي الحامل للمصعد 20300 Watt احسب قوة الشد في السلك .

الحل / قوة الشد والسرعة بنفس الاتجاه $\theta = 0$

$$P_i = FV \cos \theta$$

$$20300 = F \times 0.7 \cos 0$$

$$F = \frac{20300}{0.7} = 29000 \text{ N}$$

الطاقة Energy :

هي قابلية الجسم على انجاز شغل وحدته قياسها الجول

ومن صور الطاقة

(1) الطاقة الميكانيكية وتنقسم الى طاقة حركية وطاقة كامنة .

(2) الطاقة الحرارية .

(3) الطاقة الكيميائية .

(4) الطاقة المغناطيسية .

(5) الطاقة النووية .

(6) الطاقة الكهربائية .

(7) الطاقة الضوئية .

(8) الطاقة الصوتية .

الطاقة الحركية : Kinetic Energy :

هي الطاقة التي يمتلكها الجسم بسبب حركته . **مثل** كره ساقطة - سيارة متحركة - شخص يركض .

تعريف **الطاقة الحركية** هي القابلية على انجاز شغل بسبب حركة الجسم . ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\text{Kinetic Energy (KE)} = \frac{1}{2} m V^2$$

وتقاس الطاقة الحركية بوحدة الشغل وهي الجول Joule

ين / اثبت ان الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية للجسم المتحرك .

$$W = \vec{F} \cdot \vec{X}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\therefore W = (ma)X \quad \text{----- (1)}$$

الحل /

$$V_f^2 = V_i^2 + 2aX$$

$$X = (V_f^2 - V_i^2) / 2a \quad \text{----- (2)}$$

بتعويض قيمة X في (1)

$$W = (ma)X = \frac{m a (V_f^2 - V_i^2)}{2a}$$

$$W = (ma)X = \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2)$$

$$W = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_i^2$$

$$W = KE_f - KE_i = \Delta KE$$

وهذا يعني ان الشغل الذي تنجزه محصلة قوّه خارجية

تؤثر في الجسم يساوي التغير في طاقته الحركية ΔKE

مع ملاحظة ان محصلة القوى تكون موجبة اذا كانت

باتجاه الحركة وسالبة اذا كانت معاكسة لاتجاه الحركة

∴ الجسم الذي كتلته m يتحرك بسرعة v فانه يمتلك

طاقة حركية KE معطى بالعلاقة التالية

$$\text{Kinetic Energy (KE)} = \frac{1}{2} m V^2$$

س / على ماذا يعتمد مقدار الطاقة الحركية

ج / من قانون الطاقة الحركية فان الطاقة الحركية تعتمد على :

(1) كتلة الجسم

(2) سرعة الجسم .

مثال 5/ سيارة كتلتها 2000 Kg تتحرك على ارض افقية ضغط سائق السيارة على الكوابح حينما

كانت تسير بسرعة 20 m/s فتوقف بعد ان قطعت مسافة 100 m كما في الشكل جد ماياتي :

(1) التغير في الطاقة الحركية.

(2) الشغل الذي بذلته قوّه الاحتكاك في ايقاف السيارة .

(3) مامقدار قوّه الاحتكاك بين عجلات السيارة والطريق على فرض انها بقيت ثابتة.

الحل /

(1) التغير في الطاقة الحركية $\Delta KE = \text{الطاقة الحركية النهائية } (KE)_f - \text{الطاقة الحركية الابتدائية } (KE)_i$

$$\Delta KE = (KE)_f - (KE)_i$$

$$= \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_i^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2000 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 2000 \times 20^2$$

$$= 0 - 1000 \times 400$$

$$\Delta KE = - 400000 \text{ J} \quad \text{مقدار التغير في الطاقة الحركية}$$

(2) الشغل الذي بذلته قوّه الاحتكاك $W = \text{التغير في الطاقة الحركية } \Delta KE$



$$W = -400000 \text{ J}$$

(3) الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك $(f_k \times \cos \theta)$ = التغير في الطاقة الحركية ΔKE .

$$\Delta KE = f_k \times \cos \theta$$

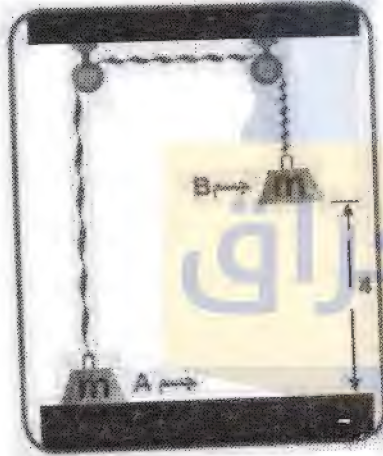
$$\theta = 180$$

$$\cos 180 = -1$$

$$KE = f_k \times \cos 180$$

$$KE = f_k \times 100 \times -1$$

$$F_k = \frac{-400000}{-100} = 4000 \text{ N} \text{ قوة الاحتكاك}$$



الطاقة الكامنة : Potential Energy

هي كمية الطاقة المخزنة في الجسم والتي يمكن ان تنجز شغلاً تقسم الى قسمين .

(a) طاقة كامنة ثقالية (وضعية) .

(b) الطاقة الكامنة للمرونة .

(a) الطاقة الكامنة الثقالية (الوضعية) GPE

هي الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب قوة الجاذبية .

$$GPE = mgh$$

m كتلة الجسم ، g التعجيل الارضي ، h ارتفاع الجسم .

تقاس الطاقة الثقالية بوحدة الجول .

في الشكل التالي يوضح بكرتين مهملتين الاحتكاك والوزن تحملان جسمين متساويين بالكتلة ووزن كلا منهما mg فاذا دفع الجسم B الى الاسفل فانه سوف يبدأ بالسقوط مسافة h الى الاسفل في نفس الوقت ارتفع الجسم A مسافة h الى الاعلى .

اذ ان الجسم B يشد الجسد A الى الاعلى فهو يبذل شغلاً مقداره $W = mgh$ يفقد طاقة وان الجسم A اكتب هذه الطاقة يساوي الشغل المبذول عليه اي ان الجسم A في موضعه الجديد يخزن طاقة .

ملاحظة / لحساب الطاقة الكامنة الثقالية نعتبر مستوى الارض هو المستوى القياسي .

هل نعلم / ان مياه الشلالات الساقطة تمتلك طاقة كامنة وعند سقوطها تتحول الى طاقة حركية تنجز شغلاً فتدور التوربينات وتولد طاقة كهربائية .

س / هل الشغل المبذول في رفع صندوق والقدرة لذلك يتوقف على سرعة رفع الجسم؟ وضح ذلك؟

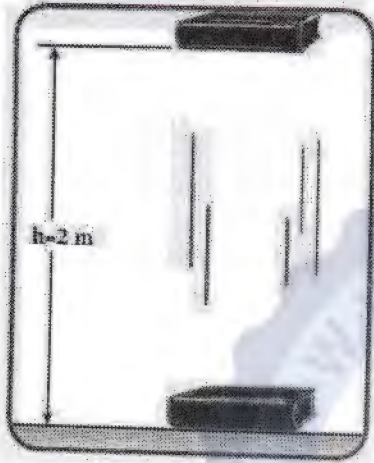
ج / لا يتوقف الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على سرعة رفع الجسم ليكتسب طاقة كامنة ثقالية

$$G.P.E = mgh$$

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow P = F \cdot V \text{ ولكن القدرة تتوقف على سرعة الجسم والزمن}$$



مثال 6/ احسب التغير في الطاقة الكامنة الثقالية في مجال الجاذبية الأرضية لكتاب كتلته 3Kg عند سطح الأرض وعلى ارتفاع 2m حيث $g = 10 \text{ m/s}^2$



الجواب / نعتبر مستوى الأرض هو مستوى الاسناد اي $h = 0$ (الارتفاع)

وعندها الطاقة الكامنة الثقالية عند مستوى الأرض $h = 0$

$$GPE_1 = 3 \times 10 \times 0 = 0$$

الطاقة الكامنة عند ارتفاع 2m

$$\begin{aligned} GPE_2 &= mgh \\ &= 3 \times 10 \times 2 = 60 \text{ J} \end{aligned}$$

∴ التغير في الطاقة الكامنة للجسم ΔGPE هو

$$\Delta GPE = GPE_2 - GPE_1 = 60 - 0 = 60 \text{ J}$$

سؤال

اعد حل المثال السابق على افتراض ان مستوى الاسناد على الارتفاع 2m واثبت ان التغير في الطاقة الكامنة الثقالية يساوي القيمة نفسها لـ 60 J .

عند مستوى الاسناد $GPE_1 = mgh = 0$ (الطاقة الثقالية)

(على اعتبار ان h كمية مطلقة لا تأخذ اشارة) $GPE_2 = mgh = 3 \times 10 \times 2 = 60$

$$\Delta GPE = 60 - 0 = 60 \text{ J}$$

الاستنتاج / التغير في الطاقة الكامنة لا يعتمد على اختيار مستوى الاسناد .

(b) الطاقة الكامنة للمرونة : Elastic Potential Energy

❖ من الامثلة المهمة على شغل تنجزه قوة متغيرة المقدار هو الشغل الذي تنجزه قوة النابض.

❖ في الشكل التالي نابضاً مهمل الكتلة موضوعاً على سطح أفقي أملس ((مهمل الاحتكاك)) ومثبت من طرفه بجائط شاقولي ومربوط من الطرف الآخر بكتلة (m). عند التأثير فيه بقوة تحدث له أزاحة على شكل استطالة او انضغاط مقدارها x فان قوة تنشأ عن النابض تساوي القوة الخارجية مقداراً وتعاكسها اتجاهاً.

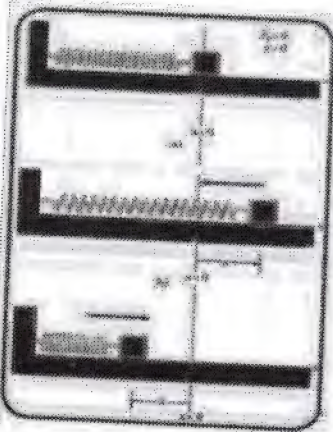
❖ هو حاصل ضرب قوة ساحبة او ضاغطة في طرف نابض مع مقدار التغير في الطول x الذي سببته هذه القوة .

$$EPE = \frac{1}{2} KX^2$$

K ثابت قوة النابض ويقاس بوحده N/m

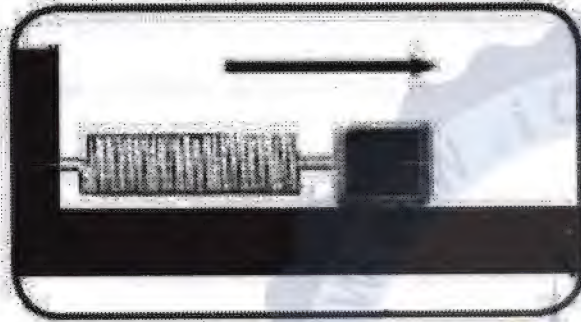
X مقدار التغير في طول النابض

وحدات الطاقة الكامنة للمرونة هي الجول Joule



مثال 7 / نابض معدني ثابت القوة فيه 200 N/m ثبت احد طرفيه بجدار شاقولي ووصل طرفه الاخر بجسم كتلته 2Kg موضوع على سطح افقي امس كبس النابض ازاحة مقدارها 0.2m ما اقصى انطلاق يكتسبه الجسم عند ازالة القوة الكابسة عنه .

الحل /



طاقة المرونة = الطاقة الحركية

$$EPE = KE$$

$$\frac{1}{2} KX^2 = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\frac{1}{2} (200) (0.2)^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2$$

$$v^2 = 4$$

$$v = 2 \text{ m/s} \quad \text{انطلاق الجسم}$$

حفظ الطاقة الميكانيكية : Conservation of mechanical Energy

KE	PE	E=KE+PE
0 J	600 000 J	600 000 J
200 000 J	400 000 J	600 000 J
400 000 J	200 000 J	600 000 J
600 000 J	0 J	600 000 J

الشكل (20)

❖ لقد تعرفنا على ان الجسم يمكن ان يمتلك طاقة

كامنة او طاقة حركية ولكن هل يمكن ان يمتلك

طاقة كامنة وطاقة حركية في الوقت نفسه؟ وهل

يمكن ان تتحول الطاقة الكامنة الى طاقة

حركية او بالعكس؟

❖ من الشكل التالي يتبين ان الجسم يمتلك الطاقة

عند نقاط مختلفة في اثناء نزوله (بأحمال

مقاومة الهواء والاحتكاك).

(1) عند النقطة (a) الجسم يمتلك اعظم طاقة كافية لانه عند أعلى ارتفاع (h) بدون ان يمتلك طاقة حركية لانه ساكن.

(2) عند النقطة (b) سيفقد الجسم قسماً من طاقته الكامنة ويكتسب قسماً من الطاقة الحركية.

(3) عند النقطة (c) سيزداد الفقد بالطاقة الكامنة بسبب الاستمرار بنقصان مقدار الارتفاع (h) وبالمقابل تزداد طاقته الحركية.

(4) عند النقطة (d) سيكون للجسم طاقة كامنة تساوي صفراً لان $h=0$ ولكن بأعظم طاقة حركية.

س/ قذفت كرة شاقولياً الى الأعلى في الهواء ماذا يحصل لمقدار كل من الطاقة الحركية والطاقة الكامنة التثاقلية للكرة في اثناء حركتها؟

ج/ يحدث نقص في الطاقة الحركية (KE) اثناء الحركة الى الأعلى بسبب نقصان السرعة $KE = \frac{1}{2} mv^2$ بينما الطاقة الكامنة تزداد بسبب زيادة الارتفاع

$$PE = mgh$$

$$E_{\text{mech}} = PE + K.E$$

$$\Delta KE = - \Delta PE$$

مثال 8 / انزلت كرة كتلتها 5Kg من السكون من نقطة a عبر مسار مهمل الاحتكاك كما في الشكل احسب سرعة الكرة عند النقطتين b , c علما ان التعجيل الارضي يساوي 10 m/s^2 .

الحل /

(1) عند حساب الطاقة الكامنة التناقلية نختار دائماً مستوى مرجعياً وليكن مستوى الارض هو مستوى الاسناد حيث $h=0$

(2) لحساب السرعة نستخدم قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بين الموقعين a , b ,

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي .

$$KE_f + PE_f = KE_i + PE_i$$

$$\frac{1}{2} m v_b^2 + (mgh)_b = \frac{1}{2} m v_a^2 + (mgh)_a$$

$$\frac{1}{2} \times 5 \times v_b^2 + 5 \times 10 \times 3.2 = 0 + 5 \times 10 \times 5$$

$$2 - 5 v_b^2 + 160 = 250$$

$$V_b^2 = 36$$

$$V_b = 6 \text{ m/s}$$

سرعة الكرة عند الموقع b

اما السرعة عند النقطة c فنحسبها بتطبيق قانون حفظ الطاقة بين الموقعين b , c .

$$KE_c + PE_c = KE_b + PE_b$$

$$\frac{1}{2} m v_c^2 + (mgh)_c = \frac{1}{2} m v_b^2 + (mgh)_b$$

$$\frac{1}{2} \times 5 \times v_c^2 + 5 \times 10 \times 2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 6^2 + 5 \times 10 \times 3.2$$

$$V_c = 7.746 \text{ m/s}$$

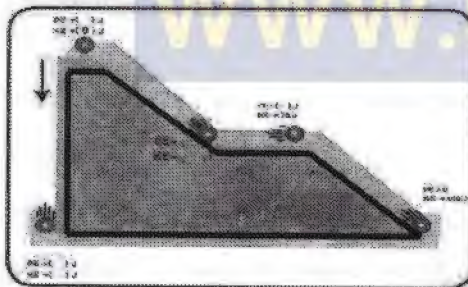
سرعة الكرة عند النقطة c

سؤال / الشكل يوضح كرة موضوعة في اعلى سطح مائل (باهمال مقاومة الهواء والاحتكاك)

املاً الفراغات في الشكل في الحالات التالية

(1) سقوط الكرة سقوطاً حراً .

(2) حركة كرة على المستوى المائل .



$$PE=(100)\text{J}$$

$$KE=(0)\text{J}$$

$$EP=(25)\text{J}$$

$$KE=(75)\text{J}$$

$$EP=(225)\text{J}$$

$$KE=(75)\text{J}$$

$$PE=(0)\text{J}$$

$$KE=(100)\text{J}$$

$$PE=(0)\text{J}$$

$$KE=(100)\text{J}$$

الجواب /

الشغل المبذول بواسطة قوى غير المحافظة: Work done by Non conservative forces:

ان وجود قوى غير محافظة في نظام خاضع للجاذبية يسبب تغيراً في الطاقة الميكانيكية للنظام اي .
شغل القوى غير المحافظة = التغير في الطاقة الميكانيكية

Work done by (w)_{nc} = change in the ($E_f - E_i$)
Non conservative force mechanical energy of the system

$$W_{nc} = E_f - E_i$$

شغل القوى الغير محافظة W_{nc}

اذا كان شغل القوى غير المحافظة سالب (مثل قوى الاحتكاك ومقاومة الهواء فانه يسبب نقصان في الطاقة الميكانيكية) اما اذا كان شغل القوى غير المحافظة موجب (مثل شغل المحركات والالات فنحصل على زيادة في الطاقة الميكانيكية للنظام) .

سؤال / انزلت كرة كتلتها 0.5 Kg من السكون عند النقطة (a) على المسار المنحني كما مبين في

الشكل اذا علمت أن المسار مهمل الاحتكاك في الجزء a الى b وخشن من b الى c جد مايتاتي :

- (1) سرعة الكرة عند النقطة b .
- (2) قوى الاحتكاك التي تتعرض لها الكرة في الجزء من B الى C اذا علمت انها توقفت عند النقطة (C) بعد قطعها مسافة 10 m من النقطة b .

الحل /

من قانون حفظ الطاقة (1)

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي .

$$\frac{1}{2} m v_a^2 + mgh_a = \frac{1}{2} m v_b^2 + mgh_b$$

$$\frac{1}{2} \times 0.5 \times 0 + 0.5 \times 10 \times 5 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times v_b^2 + 0.5 \times 10 \times 3.2$$

$$25 = 0.25 v_b^2 + 16 \quad \Rightarrow \quad v_b^2 = \frac{9}{0.25}$$

$$v_b = \frac{3}{0.5} = 6 \text{ m/s} \quad \text{حركة الكرة عند النقطة b}$$

(2) $F = ma$

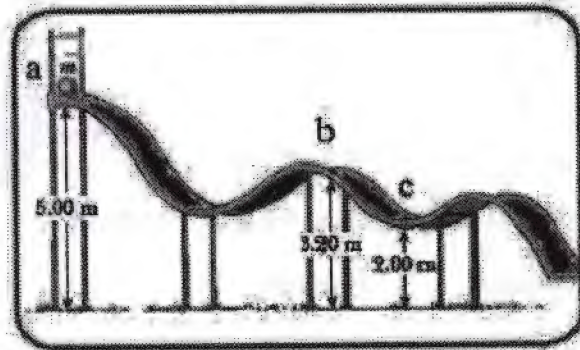
$$v_c^2 = v_b^2 + 2aX$$

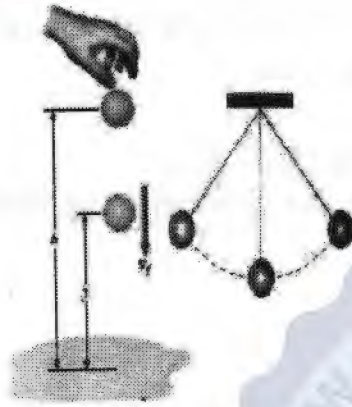
$$0 = 36 + 2a \times 10$$

$$20a = -36$$

$$a = \frac{-36}{20} = -1.8 \text{ m/s}^2 \quad \text{الاشارة السالبة تعني ان التجيل تباطؤ}$$

$$F = ma \quad \Rightarrow \quad F = 0.5 \times 1.8 = 0.9 \text{ Newton} \quad \text{قوة الاحتكاك}$$



قانون حفظ الطاقة

♦ من خلال دراستك عزيزي الطالب تعرفت ان للطاقة صوراً متعددة فمثلاً عندما يكون الجسم على ارتفاع h من الارض فإنه يخزن طاقة تسمى ((طاقة كامنة)) وعند ترك الجسم يسقط فإن هذه الطاقة تتحول تدريجياً الى طاقة حركية وجميع الطاقة الكامنة تتحول الى طاقة حركية لحظة اصطامه بسطح الارض أي ان الطاقة تكون دائماً محفوظة وهذه العملية تستند على أهم قوانين الفيزياء هو قانون حفظ الطاقة والذي ينص ((الطاقة لا تفنى ولا تسحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة الى أخرى أي ان المجموع الكلي للطاقة في السكون يبقى ثابتاً))

الزخم الخطي والدفع : Linear Momentum and Impulse

يعرف الزخم الخطي P بأن حاصل ضرب كتلة الجسم m في سرعته V أي ان

$$P = m v$$

ومن التعريف نجد ان الزخم هو كمية اتجاهية باتجاه السرعة ومقداره يساوي حاصل ضرب الكتلة في مقدار السرعة ويقاس بوحدة الكتلة في وحدات السرعة

في النظام العالمي تكون وحدة الزخم $\frac{Kg.m}{s}$

♦ من السهولة ايقاف السيارة ذات السرعة القليلة لان زخمها صغيراً ولكن من الصعب جداً ايتان السيارة ذات السرعة الاكبر لان زخمها كبيراً. وكذلك ان وخم الجسم يتضاعف عندما تتضاعف كتلته.

س/ علام يعتمد مقدار الزخم الخطي؟

ج/ (1) كتلة الجسم (m)
(2) سرعة الجسم (v)

س/ اثبت ان التغير في الزخم يساوي دفع القوة .

الحل/

$$\vec{V}_f = \vec{V}_i + a t$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{V}_f - \vec{V}_i}{t} \quad \text{----- (1)}$$

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad \text{----- (2)}$$

$$F = m \frac{(V_f - V_i)}{t} \quad \Rightarrow Ft = m V_f - m V_i$$

$$Ft = P_f - P_i \quad \Rightarrow Ft = \Delta P$$

$F \times t =$ تسمى قوة الدفع



♦ $(F \times t)$ هي كمية فيزيائية تسمى دفع القوة وهي مقياس للقوة المؤثرة في جسم مضروب بالمدّة الزمنية التي تؤثر بها القوة في الجسم.

مثال 9 / سيارة كتلتها (1200 Kg) احسب

(a) زخمها حينما تتحرك بسرعة 20 m/s شمالاً .

(b) زخمها اذا توقفت عن الحركة ثم تحركت نحو الجنوب بسرعة 40 m/s .

(c) التغير في زخم السيارة في الحالتين السابقتين .

الحل / السرعة × الكتلة = الزخم الخطي

$$\text{Liner momentam (P)} = \text{Mass (M)} \times \text{velocity (V)}$$

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

$$a) P_1 = mV_1 = 1200 \times 20 = 24 \times 10^3 \text{ Kg.m/s}$$

$$b) P_2 = mV_2 = 1200 \times 40 = 48 \times 10^3 \text{ Kg.m/s}$$

c) التغير في الزخم = الزخم النهائي - الزخم الابتدائي

$$\Delta P = P_f - P_i$$

$$\Delta P = 48 \times 10^3 - 24 \times 10^3 = 24 \times 10^3 \text{ Kg. m/s}$$

مثال 10 / اصطدمت سيارة كتلتها 1200Kg ومقدار سرعتها 20m/s بشجرة وتوقفت بعد ان

قطعت مسافة 1.5m بزمن قدرة 0.15s جد مقدار القوة المتوسطة في ايقاف الشجرة للسيارة

الحل / دفع القوة = التغير في الزخم

$$\text{Impulse (Ft)} = \text{chang in momentum } \vec{P}$$

$$F.t = m(V_f - V_i)$$

$$V_i = 20 \text{ m/s}$$

$$V_f = 0 \text{ m/s} \quad \text{توقفت عن الحركة}$$

$$F \times 0.15 = 1200(0 - 20)$$

$$F \times 0.15 = -24000$$

$$F = \frac{-24000}{0.15} = -16 \times 10^4 \text{ N}$$

الاشارة السالبة تعني ان القوة اتجاها عكس اتجاه الحركة

طريقة ثانية

$$W = \frac{1}{2}m(V_f^2 - V_i^2)$$

$$W = \frac{1}{2} \times 1200 (0 - 20^2)$$

$$W = -600 \times 400 \Rightarrow W = -240000 \text{ J}$$

$$W = FX \cos \theta \Rightarrow F = \frac{-240000}{1.5} = -16 \times 10^4 \text{ N}$$

سؤال / ما فائدة الوسادة الهوائية (airbag) الموجودة في السيارات الحديثة .

ج / تعمل الوسادة الهوائية على تقليل تاثير القوة في الاجسام اثناء التصادم فتزداد الفترة الزمنية

اللازمة لاييقاف جسم السائق والركاب عن الحركة .

حفظ الزخم الخطي : Coservation of liner momentum :

ان التغير في الزخم = دفع القوة

وذلك بوجود محصلة قوى خارجية

فما هي المعادلة بين الزخم الخطي والدفع عندما يكون النظام معزولاً ميكانيكياً اي محصلة القوى الخارجية = صفر

التغير في الزخم = محصلة دفع القوة

$$\sum \vec{F}t = 0$$

$$\sum \vec{F}t = \text{التغير في الزخم}$$



$$\sum \vec{F}t = \Delta P \quad 0 = m' \vec{V}_f - m \vec{V}_i$$

$$\therefore m' \vec{V}_f = m \vec{V}_i$$

الكتلة بعد التصادم m' , الكتلة قبل التصادم m

الزخم قبل التصادم = الزخم بعد التصادم

المعادلة اعلاه هي قانون حفظ الزخم الخطي وينص

إذا كانت محصلة القوى المؤثرة في النظام تساوي الصفر فإن الزخم الكلي للنظام يبقى محفوظاً

س/ متى يكون الزخم الكلي للنظام يساوي صفراي محفوظ

ج/ إذا كانت محصلة القوى تساوي صفر.

مثال 11 / شاحنة كتلتها $3 \times 10^4 \text{ Kg}$ متحركة بسرعة 10 m/s تصادمت مع سيارة كتلتها

1200 Kg تتحرك في الاتجاه المضاد بسرعة 25 m/s فإذا التصقت السيارتان بعد التصادم بابه

سرعة تتحرك المجموعة

الحل / كتلة السيارتان معا $m_1 + m_2$

سرعتهما بعد التصادم V_{tot}

الزخم الكلي قبل التصادم = الزخم الكلي بعد التصادم

$$m_1 V_1 + m_2 V_2 = (m_1 + m_2) \times V_{tot}$$

$$3 \times 10^4 \times 10 + 1200 \times (-25) = (30000 + 1200) \times V_{tot}$$

سرعة السيارة الثانية (سالبة) لأنها عكس الاتجاه

$$V_{tot} = \frac{300000 - 30000}{31200} = \frac{270000}{31200} = 8.65 \text{ m/s}$$

سرعة المجموعة بعد التصادم

انواع التصادمات : Types of collisions

هناك ثلاثة انواع من التصادمات هي

(a) التصادم المرن التام : perfectly Elastic collision

وهو النظام الذي يكون فيه الطاقة الحركية قبل التصادم تساوي الطاقة الحركية بعد التصادم

الطاقة الحركية قبل التصادم = الطاقة الحركية بعد التصادم

هذا النوع من التصادم لا يصاحبه فقدان في الطاقة الحركية

(b) التصادم عديم المرونة (غير مرن كليا) : perfectly Inelastic collision

هذا النوع من التصادم تكون فيه الطاقة الحركية غير محفوظة ويصاحبه نقص كبير في الطاقة الحركية .

وان الجسمين المتصادمين يلتصقان بعد التصادم .



(C) التصادم غير المرن : Inelastic collision :

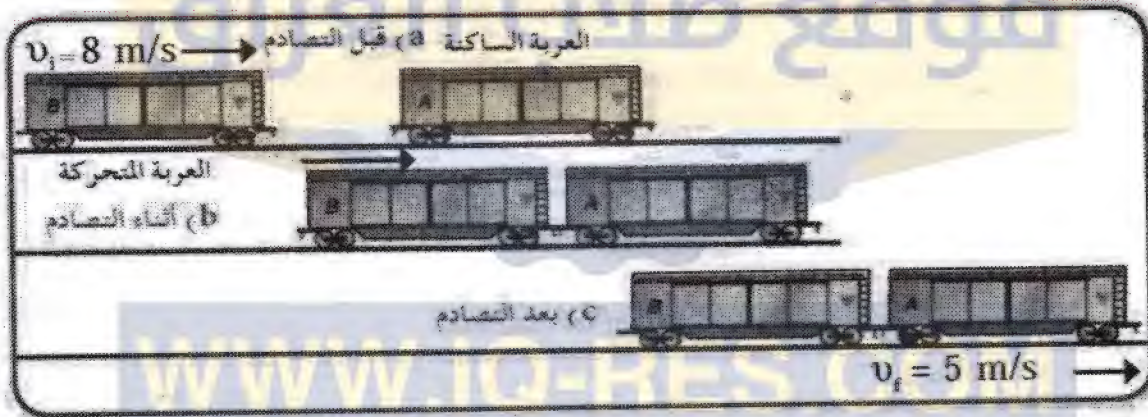
هذا النوع من التصادم لا يلتحم الأجسام معاً وإنما تبقى مفصولة ويصاحبه نقصان في الطاقة الحركية مثل تصادم كرات البليارد .

س/ لماذا تكون الشاحنة المحملة أكثر تدميراً من سيارة صغيرة عند اصطدامها بجسم كبير ساكن على فرض أن سرعتين الابتدائيتين متساويتان؟

ج/ لأن الطاقة الحركية للشاحنة أكبر ((كتلتها أكبر)) فتكون مقدرتها على التدمير أكبر
 $KE = \frac{1}{2}mv^2$
 $KE \propto m$

فكر / ما نوع التصادم الذي يكون فيه الطاقة الحركية والزخم الخطي محفوظان
تذكر : (1) التصادمات الثلاثة أعلاه تميز من التغير الحادث في الطاقة الحركية .
 (2) الزخم الخطي محفوظ مهما كان نوع التصادم .

مثال 12/ ماكينة قطار كتلتها $2.5 \times 10^4 \text{ Kg}$ تتحرك بسرعة 8 m/s اصطدمت بعربة ساكنة كتلتها $1.5 \times 10^4 \text{ Kg}$ وتحركان معا بالاتجاه نفسه بسرعة 5 m/s احسب التغير في الطاقة الحركية للنظام .



ليكن KE_i الطاقة الحركية بعد التصادم ، KE_i الطاقة الحركية قبل التصادم

التغير في الطاقة الحركية = الطاقة الحركية بعد التصادم - الطاقة الحركية قبل التصادم

نجد الطاقة الحركية KE_i قبل التصادم $KE_i = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

$KE_i = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^4 \times 8^2 + 0$

$KE_i = 80 \times 10^4 \text{ J}$ الطاقة الحركية قبل التصادم

نجد الطاقة الحركية KE_f بعد التصادم $KE_f = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{tot}^2$ السرعة النهائية المشتركة للقطارين

$KE_f = \frac{1}{2} (2.5 \times 10^4 + 1.5 \times 10^4) (5)^2$

$KE_f = \frac{1}{2} (4 \times 10^4) \times 5^2$

$KE_f = 50 \times 10^4$

$\Delta KE = KE_f - KE_i$ التغير في الطاقة الحركية للنظام

$= 50 \times 10^4 - 80 \times 10^4$

$\Delta KE = -30 \times 10^4 \text{ J}$

حدث نقصان في الطاقة الحركية إذن التصادم غير مرئي كلياً لأن الجسمين يلتحمان بعد التصادم

اسئلة الفصل الخامس

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مماياتي اعتبر $g = 10 \text{ m/S}^2$

(1) صبي كتلته 40 Kg يصعد سلما ارتفاعه الشاقولي 5m في زمن 10s فان قدرته .

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} \quad \text{التوضيح}$$

$$P = \frac{40 \times 10 \times 5}{10} = 200W$$

- 20 w (a)
200W (b)
0.8W (C)
 $2 \times 10^4 W$ (d)

الجواب / (b) 200 w

(2) تطبيقا لقانون حفظ الطاقة فان الطاقة .

- (a) تستحدث ولا تفنى
(b) تفنى ولا تستحدث
(c) تفنى وتستحدث
(d) لا تفنى ولا تستحدث

الجواب / هو (d) لا تفنى ولا تستحدث

(3) انجز جسم قدرة 1hp عند الانطلاق الانفي 3m/s فان مقدار اقصى قوة هي

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot X}{t} \quad \text{التوضيح}$$

$$\frac{X}{t} = V \therefore P = FV$$

$$1hp = 746W$$

$$746 = F \times 3$$

$$F = \frac{746}{3} = 248.7N$$

- 248.7 N (a)
2238 N (b)
2613 N (C)
3600 (d)

الجواب / هو (a) 248.7 N

(4) احدى الوحدات التالية ليست وحدة للقدرة .

- Watt (b) Joule – second (a)
hp (d) N.m/S (C)

الجواب / هو (a) Joule – second

(5) لحظ مركبة متحركة بانطلاق v يتطلب قوة F ضد الاحتكاك فالقدرة التي تحتاجها .

- $\frac{1}{2} F v^2$ (b) $F \cdot v$ (a)
 F/v^2 (d) F/v (C)

الجواب / هو (a) $F \cdot v$

التوضيح / $P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot X}{t} = F \cdot V$

(6) جسم كتلته (1Kg) يملك طاقة كامنة ثقالية (1Joule) نسبة الى الارض عندما يكون ارتفاعه

الشاقولي

0.012 m (a)

0.1 m (b)

9.8 m (C)

32 m (d)

التوضيح $GPE = mgh$

$$1 = 1 \times 10 \times h$$

$$h = \frac{1}{10} = 0.1m$$

الجواب / هو (b) 0.1 m

(7) جسم وزنه 10N يسقط من السكون من موضع ارتفاعه الشاقولي (2m) فوق سطح الارض فان

مقدار سرعته لحظة اصطدامه بسطح الارض تكون

20 m/s (b) 400 m/s (a)

$\sqrt{40}$ m/s (d) 10 m/s (C)

الجواب / هو (d) $\sqrt{40}$ m/s

التوضيح :

من قانون حفظ الطاقة /

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$\frac{1}{2} m V_i^2 + mgh = \frac{1}{2} m V_f^2 + mgh$$

$$0 + 10 \times 2 = \frac{1}{2} (1) V_f^2 + 10 \times 0$$

$$20 = 0.5 V_f^2$$

$$V_f^2 = \frac{20}{0.5} = 40 \Rightarrow V_f = \sqrt{40} \text{ m/s}$$

(8) الذي لا يتغير عندما يصطدم جسمان او اكثر هو .

(a) الزخم الخطي لكل منهما (b) الطاقة الحركية لكل منهما

(c) الزخم الخطي الكلي للجسم (d) الطاقة الحركية لكل الاجسام

الجواب / هو (c) الزخم الخطي الكلي للجسم (حسب قانون حفظ الزخم)

(9) عندما يصطدم جسمان متساويان بالكتلة فالتغير في الزخم الكلي .

(a) يعتمد على سرعتي الجسمين المتصادمين

(b) يعتمد على الزاوية التي يصطدم بها الجسمان

(c) يساوي صفر .

(d) يعتمد على الدفع المعطى لكل جسم متصادم .

الجواب / هو (c) يساوي صفر . (مجموع الزخوم قبل التصادم = مجموع الزخوم بعد التصادم)

المسائل

س1/ سقط جسم كتلته 2 Kg من ارتفاع قدرة (10m) على أرض رملية واستقر فيها بعد أن قطع 3 cm شاقوليا داخل الرمل مامتوسط القوة التي تؤثر بها الرمل على الجسم؟ على فرض أهمل تأثير الهواء

الجواب / من قانون حفظ الطاقة الميكانيكية

$$PE_1 + KE_1 = PE_2 + KE_2$$

$$PE_1 + 0 = 0 + KE_2$$

$$PE_1 = KE_2$$

$$Mgh = KE_2$$

$$2kg \times 10m/s^2 \times 10m = KE_2$$

$$KE_2 = 200 \text{ J}$$
 الطاقة الحركية للجسم لحظة وصوله سطح الأرض

في أثناء انغمار الجسم في الرمل الى عمق 0.03m

الشغل المبذول لاييقاف الحجر (F_y) = التغير بالطاقة للحجر (ΔKE)

$$\Delta KE = KE_1 - KE_2$$

$$0 - 200 = F \times 0.03$$

$$\therefore F_{\text{net}} = \frac{-200}{0.03} = -6666.67 \text{ N}$$

الاشارة السالبة تعني ان القوة تتجه عكس اتجاه حركة الجسم في الرمل

$$\therefore \vec{F}_{\text{net}} = \vec{F}_{\text{avg}} + (-W)$$

$$6666.67 = \vec{F}_{\text{avg}} - (2 \times 10)$$

$$\vec{F}_{\text{avg}} = 6686.67 \text{ N}$$
 متوسط القوة التي تؤثر فيها الرمل بالجسم (تتجه نحو الاعلى)

س2/ انزلت سيارة كتلتها 1250 Kg فوصلت الى حالة السكون بعد ان قطعت مسافة 36m

مامقدار قوة الاحتكاك بين اطاراتها المنزلقة الارضية و سطح الطريق اذا كان معامل الاحتكاك

الانزلاقي 0.7 ؟ مامقدار الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك على السيارة

$$F_k = \mu_k N, N = mg$$

$$N = 1250 \times 10 = 12500 \text{ N}$$

$$f_k = 0.7 \times 12500 = 8750 \text{ N}$$
 قوة الاحتكاك

$$W = f_k \times \cos 180^\circ \rightarrow W = 8750 \times 36 \times (-1)$$

$$W = -315000 \text{ J}$$

الجواب /

س3/ دفع صندوق شحنته 80 Kg مسافة 3.5 m الى اعلى سطح مائل (مهمل الاحتكاك)

ويميل بزاوية 37° بالنسبة للافق مامقدار الشغل المبذول في دفع الصندوق الشحنته ؟ افرض ان

صندوق الشحنته يدفع بسرعة ثابتة .

الحل /

$$W = mg$$

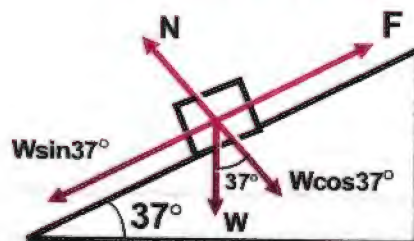
$$W = 80 \times 10 = 800 \text{ N}$$

القوة الافقية المسببة للشغل هي $W \sin \theta$

$$F = 800 \times 0.6 = 480 \text{ N}$$

$$W = F \times \cos 0^\circ$$

$$W = 480 \times 3.5 = 1680 \text{ J}$$



س4/ ما مقدار القدرة بالواط اللازمة لدفع عربة تسويق محملة بقوة افقية قدرها 50 N مسافة افقية مقدارها 20 m خلال 5 s .

الحل /

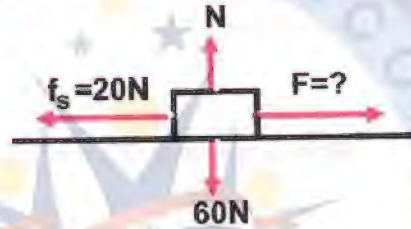
$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot X}{t} = \frac{50 \times 20}{5} = 200 \text{ Watt}$$

س5/ قوة الاحتكاك مقدارها 20 N تؤثر في صندوق كتلته 6 Kg ينزلق على ارض افقية .
ما مقدار القدرة اللازمة لسحب الصندوق على الارضية بسرعة ثابتة مقداره 0.6 m/s .

الجواب /

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot X}{t} = Fv$$

$$P = 20 \times 0.6 = 12 \text{ Watt}$$



س6/ يستطيع جرار شد مقطوره بقوة ثابتة مقدارها 12000N عندما تكون سرعته 2.5m/s ماقيمة قدره الجرار بالواط والقدرة الحصانية تحت هذه الشروط .

الجواب /

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot X}{t} = Fv = 12000 \times 2.5 = 30000 \text{ w}$$

$$1\text{hp} = 746 \text{ w}$$

$$P = \frac{30000}{746} = 40.21 \text{ hp}$$

القدرة الحصانية

س7/ بينما كان احد لاعبي كرة القدم كتلته 90Kg يجري بسرعة قدرها 6 m/s قام لاعب من الفريق الآخر بشده من الخلف فتوقف بعد ان قطع مسافة قدرها 1.8 m .

(a) ما مقدار القوة المتوسطة التي سببت ايقاف اللاعب .

(b) ما الزمن الذي استغرقه اللاعب ليتوقف تماماً .

الجواب /

$$F = ma \rightarrow F = 90 a \text{ ----- (1)}$$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2aX \quad \text{لايجاد } a$$

$$0 = 36 + 2 \times 1.8 \times a = 36 + 3.6 a$$

$$-36 = 3.6 a$$

$$a = \frac{-36}{3.6} = -10 \text{ m/s}^2 \text{ ----- (2)}$$

نعوض (a) في معادلة (1)

$$F = 90 \times (-10)$$

$$F = -900 \text{ N}$$

$$V_f = V_i + at \quad \text{لايجاد } t$$

$$0 = 6 + (-10)t \rightarrow 10t = 6$$

$$\rightarrow t = \frac{6}{10} = 0.6 \text{ s}$$

$$\Delta P = m V_f - m V_i \quad \text{طريقة ثانية/}$$

$$\Delta P = 0 - 90 \times 6 \rightarrow \Delta P = -540 \text{ Kg.m/s}$$

$$Ft = \Delta P_i \quad \text{التغير في الزخم = الدفع}$$

$$X = \frac{V_f + V_i}{2} \times t$$

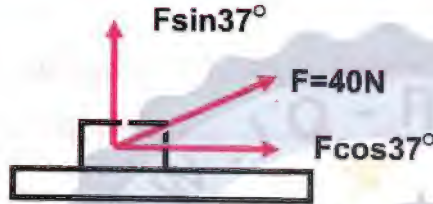
$$t = \frac{1.8}{6+0/2} = 0.6 \text{ s}$$

$$F = \frac{\Delta P}{t} = \frac{-540}{0.6} = -900 \text{ N}$$

أسئلة إضافية

س1/ وضع جسم على سطح أفقي خشن، أثرت فيه قوة سحب مقدارها (40N) تميل بزاوي مقدارها (37°) بالنسبة للأفق. فتحرك الجسم مسافة افقية مقدارها (12m) بسرعة ثابتة في زمن مقداره

(4s) جد:



(a) مقدار شغل قوة السحب.

(b) قدره السحب.

(اعتبر ان $\cos 37^\circ = 0.8$)

ج

(a) لدينا العلاقة:

$$\text{Work done (W)} = \text{Force (F)} \times \text{displacement (X)} \times \cos \theta$$

$$\therefore W = Fx \cos \theta$$

وبالتعويض في العلاقة السابقة نحصل على:

$$\therefore W = 40 \times 12 \times \cos 37^\circ$$

$$\therefore W = 40 \times 12 \times 0.8$$

$$\therefore W = 384 \text{ (J)}$$

وهو مقدار شغل قوة السحب

(b) لدينا العلاقة

$$\text{Power (P)} = \frac{\text{work (W)}}{\text{time (t)}}$$

$$\therefore P = \frac{W}{t}$$

وبالتعويض في العلاقة السابقة نحصل على:

$$P = \frac{384}{4}$$

$$\therefore P = 96 \text{ W}$$

وهو مقدار قدره السحب

س2/ يراد سحب صندوق ساكن على شكل متوازي مستطيلات كتلته (10kg) من أسفل سطح

مائل يفترض انه مهملة الاحتكاك الى اعلاه فاذا كان طول السطح المائل يساوي (5m) وارتفاعه عن

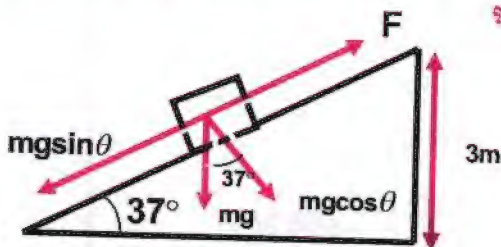
سطح الارض يساوي (3m). فأحسب:

(a) مقدار الشغل الذي يجب ان تبذله قوة موازنة للسطح المائل تدفع الصندوق للأعلى بسرعة ثابتة المقدار.

(b) في حالة اذا اردنا رفع الصندوق الساكن رأسياً الى أعلى مسافة (3m) عن سطح الارض بسرعة ثابتة المقدار من

غير الاستعانة بالسطح المائل فكم سيكون الشغل المبذول في هذه الحالة؟

اعتبر ان التسجيل الارضي يساوي (10m/s²)



$$F = mg \sin \theta$$

ج/ من الشكل يكن ملاحظة بأن:

حيث (θ) تمثل زاوية ميل السطح المائل عن سطح الارض.

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$F = 10 \times 10 \times \frac{3}{5}$$

$$\therefore F = 60 \text{ N}$$

ولايجاد الشغل (W) لدينا العلاقة الآتية: $W = Fx \cos \theta$

حيث (θ) تمثل الزاوية بين القوة (F) وطول السطح المائل (x)

وحيث يلاحظ من الشكل بأنهما متوازيان وب نفس الاتجاه وبذلك فإن ($\theta = 0$)

وان ($\cos 0 = 1$)

$$W = 60 \times 5 \times 1$$

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\therefore W = 300 \text{ (J)}$$

(b) في حالة اذا اردنا رفع الصندوق الساكن رأسياً الى أعلى ففي هذه الحالة فان الشغل الذي بذل على الجسم ضد

$$W = GPE = mgh$$

الجاذبية فإنه يساوي الطاقة الكامنة الثقالية (طاقة الوضع) اي ان:

$$W = 10 \times 10 \times 3$$

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\therefore W = 300 \text{ (J)}$$

لاحظ ان نتيجة الفرع (b) هي نفسها نتيجة الفرع (a)

س3/ أثرت قوة أفقية مقدارها (30N) في جسم كتلته (5kg) فحركته مسافة أفقية من حالة السكون

وبأنتجاه تأثير القوة، احسب الشغل المبذول بعد (4s) من بدء تأثير القوة؟

موقع طلاب العراق

ج/ لدينا العلاقة $F = ma$

$$30 = 5 \times a$$

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\therefore a = \frac{30}{5} = 6 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

ولايجاد المسافة الأفقية (Δx) نستعمل العلاقة:

$$\Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a (\Delta t)^2$$

حيث ان ($v_i = 0$) لان الجسم تحرك من السكون وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\Delta x = 0 \times 4 + \frac{1}{2} \times 6 \times (4)^2$$

$$\therefore \Delta x = \frac{1}{2} \times 6 \times 16$$

$$\therefore \Delta x = 48 \text{ (m)}$$

$$W = Fx \cos \theta$$

ولايجاد الشغل نستعمل العلاقة:

وبما ان المسافة الأفقية هي باتجاه تأثير القوة الأفقية اي ان الزاوية ($\theta = 0$) و ($\cos 0 = 1$) وبالتعويض بالعلاقة

$$W = 30 \times 48 \times 1$$

السابقة نحصل على:

$$\therefore W = 144 \text{ (J)}$$

وهو الشغل المبذول.

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصراً

موبايل / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢ / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١



س4/ جسم كتلته (1kg) يتحرك لأعلى بسرعة مقدارها (1m/s) عندما كان على ارتفاع (3m) عن سطح الأرض. فكم كانت سرعة هذا الجسم عندما كان على ارتفاع (2m) عن سطح الأرض؟ اعتبر أن الجسم واقع تحت تأثير مجال الجاذبية الأرضية فقط وأن التعجيل الأرضي يساوي (10 m/s²)

ج/ نختار مستوى أفقياً نفترض عنده الطاقة الكامنة في مجال الجاذبية تساوي صفراً وليكن مستوى سطح الأرض ولحساب السرعة عند النقطة (a). نطبق قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بين الموقعين (a) و (b).

$$(KE_f)_b + (PE_f)_b = (KE_i)_a + (PE_i)_a$$

$$\therefore \frac{1}{2} mv_b^2 + (mgh)_b = \frac{1}{2} mv_a^2 + (mgh)_a$$

بالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\frac{1}{2} \times 1 \times (1)^2 + 1 \times 10 \times 3 = \frac{1}{2} \times 1 \times v_a^2 + 1 \times 10 \times 2$$

$$\therefore \frac{1}{2} + 30 = \frac{v_a^2}{2} + 20$$

وبضرب طرفي المعادلة (×2) نحصل على:

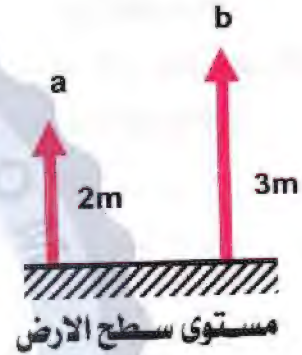
$$1 + 60 = v_a^2 + 40$$

$$\therefore mv_a^2 = 21$$

$$\therefore v_a = 4.583 \text{ (m/s)}$$

وبجذر طرفي المعادلة ينتج:

وهي سرعة الجسم عندما كان على ارتفاع (2m) عن سطح الأرض.



س5/ تتحرك كرة كتلتها (100g) أفقياً باتجاه جدار عمودي فوصلته بسرعة (30m/s) واصطدمت به ثم ارتدت عنه بسرعة (10m/s) احسب:

(a) التغير في زخم الكرة.

(b) مقدار دفع القوة المؤثرة.

ج/ (a) لدينا العلاقة

$$\text{Change in momentum } (\Delta \vec{p}) = \text{final momentum } (\vec{p}_f) - \text{initial momentum } (\vec{p}_i)$$

$$\therefore \Delta \vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i$$

$$\therefore \Delta \vec{p} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i$$

$$\therefore \Delta P = m(v_f - v_i)$$

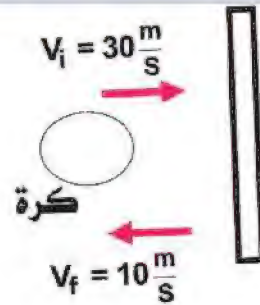
و بالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\Delta P = 100 \times 10^{-3} [10 - (-30)]$$

$$\therefore \Delta P = 100 \times 10^{-3} (10 + 30)$$

$$\therefore \Delta P = 100 \times 10^{-3} \times 40$$

$$\therefore \Delta P = 4 \left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \text{ وهو التغير في زخم الكرة}$$



(b) لدينا العلاقة:

التغير في الزخم = الدفع

$$\text{Impulse } (\vec{F}t) = \text{change in momentum } (\Delta \vec{p})$$

$$\therefore \text{Impulse } (\vec{F}t) = \text{الدفع} = 4 \text{ (N.s)}$$

$$\text{وهو مقدار دفع القوة المؤثرة} \quad \text{N.s} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

الفصل السادس

الحركة الدائرية والدورانية

Circular and Rotational Motion

الحركة الدائرية

الجسم الجاسئ / هو جسم غير قابل للتشوه والتشكيل بتأثير القوى والعزوم الخارجية.

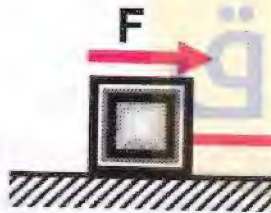
الحركة / هي تغير مستمر في موضع الجسم بالنسبة الى جسم اخر نفترضه ثابتاً .

انواع الحركة /

(1) حركة انتقالية > حركة خطية

(2) حركة دورانية

(3) الحركة الدورية (سيتم دراسته في الفصل القادم)



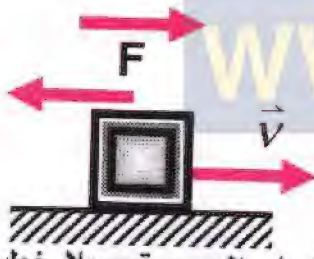
س / جسم يتحرك بسرعة (v) على خط مستقيم باتجاه الموجب لمحور x

أثرت عليه قوة أفقية (F) باتجاه سرعة الجسم ماذا يحصل لمقدار السرعة

وما نوع التعجيل؟

ج / ستزداد مقدار السرعة الخطية (v) للجسم حيث ان $v = v_f - v_i > 0$ بسبب اكتساب الجسم تعجيلاً خطياً

تسارعياً.



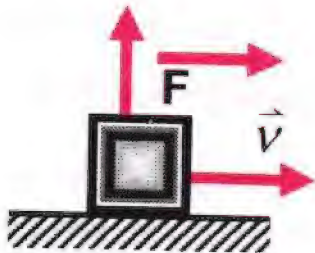
س / جسم يتحرك بسرعة (v) على خط مستقيم باتجاه الموجب لمحور x

أثرت عليه قوة مضادة للحركة عكس اتجاه السرعة للجسم. ماذا

يحصل لمقدار السرعة وما نوع التعجيل؟

ج / ستقل مقدار السرعة الخطية v للجسم حيث $v = v_f - v_i < 0$ بسبب اكتساب الجسم تعجيلاً خطياً

تباطئياً.



س / جسم يتحرك بسرعة (v) على خط مستقيم باتجاه الموجب لمحور x

أثرت عليه قوة عمودية على متجه السرعة للجسم ماذا يحصل لمقدار

السرعة وما نوع التعجيل؟

ج / سيتغير اتجاه سرعة الجسم ويتحرك بمسار دائري حول نقطة محور دوران بسبب اكتساب الجسم تعجيلاً

مركزياً.

* تسمى القوة التي تجعل الجسم يتحرك على مسار دائري بالقوة المركزية (F_c) .

أمثلة على الحركة الدائرية:

- حركة فوهة إطار الدراجة في عجلة الدراجة.
- حركة الشخص الجالس في دولاب الهواء الذي يدور بمستوى شاقولي.
- انعطاف السيارة على طريق منعطف أفقي.
- حركة الإلكترون حول النواة الذرة.
- حركة الأرض حول الشمس.

الحركة الدائرية /

هي حركة جسم على مسار دائري بنصف قطر ثابت حول محور دوران ثابت وتقسم إلى قسمين .

- (1) حركة دائرية منتظمة .
- (2) حركة دائرية غير منتظمة .

**(1) الحركة الدائرية المنتظمة :**

هي حركة الجسم على مسار دائري بانطلاق ثابت (مقدار السرعة ثابت واتجاه غير ثابت) مثل حركة طائرة بمستوى أفقي على مسار دائري كما في الشكل المجاور أو حركة الإلكترون حول نواة الذرة أو حركة الكواكب حول الشمس .

س/ ماهي خواص الحركة الدائرية المنتظمة

- ج/ (1) انطلاق الجسم الثابت (مقدار سرعة ثابتة).
- (2) اتجاه الجسم متغير باستمرار (اتجاه سرعة الجسم متغيرة)

(2) الحركة الدائرية غير المنتظمة :

هي حركة الجسم على مسار دائري بنصف قطر ثابت وبانطلاق غير ثابت (غير منتظم) واتجاه غير ثابت (الجسم يدخل مابين طاقة حركية وطاقة كامنة متغيرة باستمرار أثناء دورانه لذلك يكون الانطلاق غير ثابت).



- مثال ذلك / (1) حركة إطار الدراجة الهوائية في العجلة التي تدور.
- (2) حركة شخص جالس في دولاب هواء يدور بمستوى شاقولي .

س/ ماهي خواص الحركة الدائرية غير منتظمة

- ج/ (1) انطلاق الجسم متغيرة (مقدار سرعته متغيرة) .
- (2) اتجاه الجسم متغير باستمرار (اتجاه سرعته متغير باستمرار) .

س/ ماهو اتجاه الجسم المتحرك حركة دائرية في اي لحظة

ج/ باتجاه المماس لمساره الدائري في النقطة التي كان فيها الجسم في تلك اللحظة .

الازاحة الزاوية والسرعة الزاوية : Angular displacement and Angular velocity

لنتعرف أولاً على أنظمة قياس الزوايا حيث هناك ثلاثة أنظمة تحسب لقياس الزاوية .

يتم وصف الحركة الدائرية بدلالة زاوية دوران الجسم (الازاحة الزاوية) وهذا يعني كل نقطة من نقاط الجسم الجاسئ الذي يدور حول محور ثابت (باستثناء النقاط الواقعة على محور الدوران) تدور بالزوايا نفسها وللمدة الزمنية نفسها.

✦ لقد مر عليك عزيزي الطالب الكميات المهمة في الحركة الخطية (الازاحة الخطية Δx والسرعة الخطية (\bar{v}) والتعجيل الخطي (\bar{a}) تناظرها في الحركة الزاوية (الازاحة الزاوية ΔQ ، السرعة الزاوية (\bar{w}) والتعجيل الزاوي $(\bar{\alpha})$).

الزاوية نصف القطرية :

هي الزاوية المركزية في الدائرة والتي تقابل قوس على محيطها طوله يساوي نصف قطرها

$$2\pi \text{ rad} = \frac{\text{المحيط}}{\text{نق}} = \text{دورة} = 360$$

$$\theta = \frac{S}{r} \quad \leftarrow \quad \frac{\text{طول القوس (S)}}{\text{نصف القطر (r)}} = (\theta) \text{ الزاوية}$$

وعندما تكون S دورة كاملة فهو يساوي محيط الدائرة $2\pi r$ حيث الازاحة الزاوية تكون .

$$\theta = \frac{S}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$

(rad) تعني نصف قطرية

العلاقة بين الانطلاق الخطي والانطلاق الزاوي :

الانطلاق الخطي المتوسط هو المعدل الزمني للتغير في المسافة الخطية .

$$V_{\text{avg}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta s = r\Delta\theta$$

$$V_{\text{avg}} = r \left| \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right|$$

اما الانطلاق الزاوي المتوسط فهو المعدل الزمني للتغير في مقدار الازاحة الزاوية .

$$\omega_{\text{avg}} = \left| \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \right|$$

$$V_{\text{avg}} = r \times \omega_{\text{avg}}$$

$$V = r \times \omega$$

اي : الانطلاق الخطي للجسيم = بعد الجسم عن مركز الدوران \times الانطلاق الزاوي للجسيم .

عندما يدور الجسم دورة كاملة فإن الانطلاق الخطي يساوي محيط الدائرة مقسوماً على الدورة الواحد T

مثال / قرص يدور بسرعة زاوية (5400 rpm) احسب .

(a) التردد الزاوي وزمن الدورة الواحد للقرص .

(b) اذا كان نصف قطر القرص (28 cm) فما هو الانطلاق الخطي لجسيم يقع على محيط القرص .

rpm تعني revolution per minute اي دورة / دقيقة (rev/mi).

الحل

$$a) \omega = \frac{5400 \text{ rev}}{\text{minute}} \times \frac{1}{60 \text{ sec}} = 90 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = 90 \text{ Hz}$$

$$f = \frac{1}{T} \quad 90 = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{90} \text{ s} \quad \text{زمن الدورة الواحد}$$

$$f = \omega \text{ ملاحظة}$$



b) حساب الانطلاق الخطي للجسيم عند الحافة

♦ تحويلات مهمة للازاحة الزاوية Q

(نصف قطرية) $(2\pi \text{ rad} = \text{دورة})$ rev لدينا الانطلاق الزاوي ω هو $\omega = 2\pi f$ دورة $\frac{\text{rad}}{2\pi} = \text{rev}$ نصف قطرية $\omega = 2\pi \times 90 = 180\pi \text{ rad/s}$

$$V = \omega r$$

$$V = 180 \times \frac{22}{7} \times 0.28 = 180 \times 0.88 = 158.4 \text{ m/s}$$
 مقدار الانطلاق

* تحويلات مهمة للسرعة الزاوية w

$$\frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi}{60} = \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$
$$\frac{\text{rev}}{\text{sec}} \times 2\pi = \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

مثال / بكرة نصف قطرها (2 cm) ملفوف حولها خيط طوله 60 cm سحب الخيط بقوة افقية فدار

البكرة حول محورها احسب عدد الدورات البكرة حول محورها

الحل /

$$Q = \frac{s}{r} = \frac{60}{2} = 30 \text{ rad}$$

$$Q = \frac{30}{2\pi} = \frac{15}{\pi} = 4.77 \text{ rev}$$
 دورة

التعجيل المركزي والقوة المركزية :

التعجيل المركزي (a_c) هو التعجيل الذي يمتلكه الجسم المتحرك حركة دائرية بسبب تغير اتجاه السرعة وليس مقدارها وهذا التغير في الاتجاه نحو مركز المسار الدائري للجسيم لذلك يسمى بالتعجيل المركزي (a_c) ويحسب من القانون التالي .

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

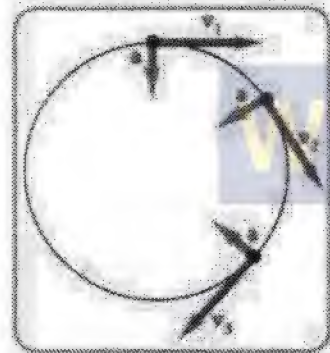
$$a_c = \frac{v}{t} = \frac{v}{1/f} = vf = vw = v \frac{v}{r} = \frac{v^2}{r}$$
 ملاحظة / اتجاه التعجيل نحو مركز المسار الدائري

القوة المركزية : (F_c)

هي القوة التي تؤثر على الجسم المتحرك وتسبب التعجيل المركزي فتجعله يتحرك حركة دائرية وهي تؤثر على الجسم باتجاه مركز مساره الدائري لذلك تسمى بالقوة المركزية

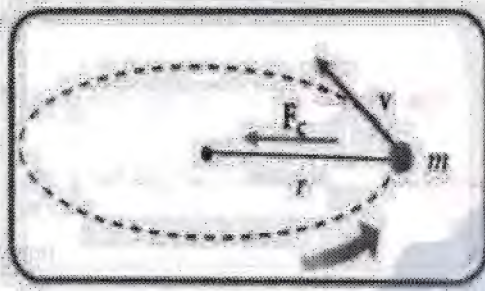
س / ماهو الشرط الواجب توفره لجعل الجسم يتحرك حركة دائرية .

ج / وجود القوة المركزية .



اشتقاق قانون القوة المركزية :

من قانون نيوتن الثاني



$$F = ma$$

$$F = F_c, a = a_c$$

$$F_c = ma_c$$

$$F_c = m \frac{v^2}{r} \quad (\text{القوة المماسية بدلالة السرعة المماسية})$$

$$F_c = m \frac{(r\omega)^2}{r}$$

$$F_c = m r \omega^2 \quad (\text{القوة المركزية بدلالة السرعة الزاوية})$$

س / ماهي العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المركزية .

$$F_c = m \frac{v^2}{r} \quad \text{ج / من خلال العلاقة التالية}$$

(1) كتلة الجسم ويتناسب معها طردياً .

(2) سرعة الجسم ويتناسب معها طردياً .

(3) نصف قطر المسار الدائري للجسم ويتناسب معها عكسياً .

س / ماهي العلاقة بين .**(1) اتجاه سرعة الجسم المتحرك حركة دائرية واتجاه القوة المركزية .**

ج / عموديان على بعضهما (متعامدان) .

(2) اتجاه سرعة الجسم المتحرك حركة دائرية واتجاه التعجيل المركزي .

ج / عموديان على بعضهما (متعامدان) .

(3) اتجاه القوة المركزية واتجاه التعجيل المركزي للجسم المتحرك حركة دائرية .

ج / بنفس الاتجاه (اتجاه واحد نحو المركز) .

س / هل ان الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة متزن ام غير متزن .

ج / غير متزن لانه يمتلك تعجيلاً هو التعجيل المركزي ناتج من تأثير القوة المركزية (لأن محصلة القوى

الخارجية لاتساوي صفر) .

س / هل ان القوة المركزية تنجز شغلاً على الجسم المتحرك حركة دائرية ؟ وضح ذلك .

ج / كلا لاتنجز شغلاً لانها متعامدة مع اتجاه حركة الجسم .

$$W = F X \cos \theta$$

حيث

$$W = F X \cos 90$$

$$\rightarrow W = 0$$

$$\cos 90 = 0$$

س / علل مايلي :**(1) دوران الالكترون حول النواة .**

ج / لأن القوة المركزية التي تسبب حركته الدائرية هي قوة التجاذب الكهربائي بين النواة الموجبة والالكترون السالب .

(2) دوران القمر حول الارض .

ج / لأن القوة المركزية التي تسبب دورانه هي قوة التجاذب بين الارض والقمر التي تجعله يستمر بالدوران حولها .



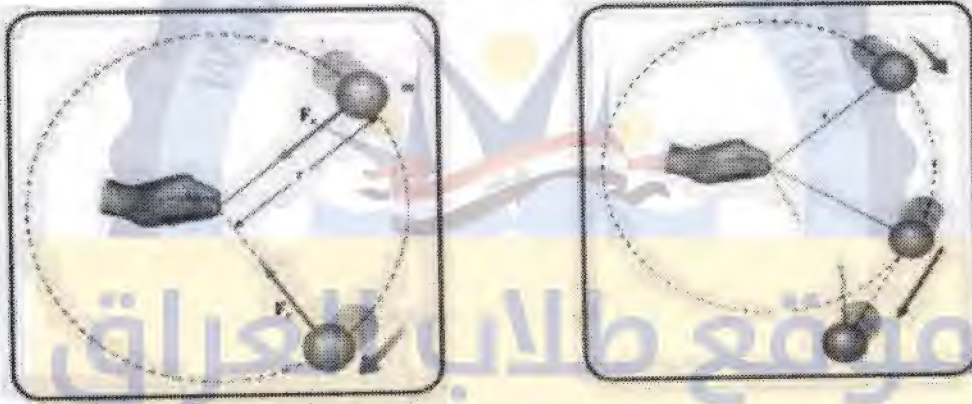
زوال القوة المركزية :

ان القوة المركزية هي التي تولد الحركة الدائرية المنتظمة وهي التي تغير في سرعته المماسية الانية .

س / ماذا يحصل اذا توقفت القوة المركزية عن التأثير على الجسم المتحرك حركة دائرية في اي لحظة

و ما هو اتجاه الجسم ؟ وضح ذلك .

ج / ان زوال القوة المركزية يعني توقفها عن التأثير لذا سينطلق الجسم بخط مستقيم باتجاه المماس لمساره الدائري من تلك النقطة وبالاتجاه الذي يمتلكه الجسم في تلك اللحظة وعندئذ يخضع الجسم لقانون نيوتن الاول .



س / هل جميع الاجسام التي تتحرك حركة دائرية لها نفس القوة المركزية؟

ج / كلا حيث ان لكل حركة دائرية مسبب رئيسي لتوليد القوة المركزية مثل :

- قوة الاحتكاك الشروعي بين اطارات السيارة وارضية المنعطف هي القوة المركزية لابقاء السيارة في مسارها الدائري.
- قوة الجذب بين الارض والقمر هي القوة المركزية اللازمة لابقاء القمر في مساره الدائري.
- قوة التجاذب الكهربائي بين النواة والالكترون هي القوة المركزية اللازمة لابقاء الالكترون في مساره الدائري.
- قوة شد الخيط لجسم مربوط بطرفها ويتحرك حركة دائرية.

علل ماييلي /

(1) تفلت قطرات الماء عن الملابس في الحوض النشاف في الغسالة عندما تدور بسرعة .

ج / لأن قوة التلاصق بين قطرات الماء مع الملابس اقل من القوة المركزية اللازمة لتدوير الملابس بمسار دائري لذا تنطلق باتجاه المماس وتخضع لقانون نيوتن الاول.

(2) عند شحذ سكين بالمشحذ الدائري تتطاير شظايا الحديد المتهبة باتجاه المماس .

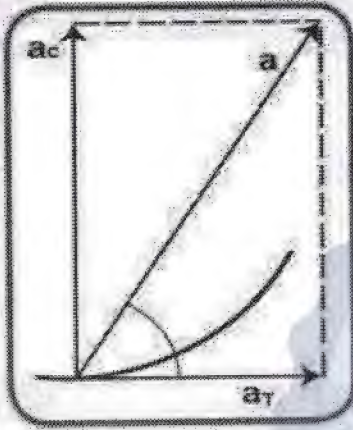
ج / بسبب انعدام القوة المركزية اللازمة لابقائها على مسارها الدائري لذا تنطلق باتجاه المماس وتخضع لقانون نيوتن الاول.

(3) تنفصل كتل الطين العالقة بأطارات السيارة عندما تزداد سرعتها؟ وبأي اتجاه تنطلق؟

ج / لان قوة تلاصق الطين بالاطار تصبح اقل من القوة المركزية اللازمة لابقائها على مسارها الدائري لذا تنفصل كتل الطين وتنطلق باتجاه مماس للأطار.

الحركة الدائرية غير المنتظمة /

درسنا في الحركة الدائرية المنتظمة ان الجسم الذي يتحرك حركة دائرية بانطلاق ثابت تكون حركته الدائرية منتظمة . اما اذا كانت حركته بانطلاق غير منتظم تكون حركته الدائرية غير منتظمة



في الحركة الدائرية المنتظمة يكون التعجيل المركزي عمودياً على متجه السرعة المماسية الآنية . اما في الحركة الدائرية الغير منتظمة فأن التعجيل المركزي ليس عمودياً على متجه السرعة المماسية الآنية وبالتالي فأن التعجيل لا يتجه نحو مركز الدائرة وهنا يتحلل التعجيل الى مركبتين احدهما عمودية على متجه السرعة المماسية الآنية يسمى بالتعجيل المركزي (a_c) والناجم من حدوث تغيير في اتجاه سرعة الجسم المماسية الآنية والمركبة الثانية افقيه موازية لمتجه السرعة المماسية الآنية يسمى بالتعجيل المماسي (a_r) والناجم من تغير مقدار سرعة الجسم

ان متجه a_c عمودي على متجه a_r ومحصليهما نجددها من علاقة فيثاغورس

$$a = \sqrt{a_c^2 + a_r^2}$$

وهذا مقدار المحصلة a

$$\tan \theta = \frac{a_c}{a_r}$$

اما الاتجاه فنجدده من

$$\theta = \tan^{-1} \frac{a_c}{a_r}$$

حركة المركبات على المنعطفات الأفقية :

ان القوى المركزية التي تسبب حركة المركبات على المنعطفات الأفقية هي قوى الاحتكاك الشروعي f_s بين عجلاتها والطريق المنعطف .

$$f_s = F_c$$

$$f_s = \frac{mv^2}{r}$$

قوة الاحتكاك f_s يجب ان لا تزيد عن $\mu_s N$ حيث μ_s معامل الاحتكاك الشروعي $f_s \leq \mu_s N$ رد فعل الطريق المنعطف الأفقي وتكون عمودية على المركبة وتساوي وزن السيارة $w = mg$

$$\frac{mv^2}{r} \leq \mu_s N \rightarrow \frac{mv^2}{r} \leq \mu_s mg$$

$$\frac{v^2}{r} \leq \mu_s g \rightarrow a_c \leq \mu_s g$$

وهذا يعني ان التعجيل المركزي a_c لا يمكن ان يزيد على $\mu_s g$

وتكون سرعة الامان القصوى دون ان تنجح عن الطريق $\bar{v} = \sqrt{\mu_s g r}$

من المعادلة اعلاه نلاحظ انه لا وجود لكتلة وهذا يعني ان السيارة والشاحنة والدراجة يمكن كلاً منهما ان تسير بنفس الانطلاق على المنعطف نفسه وبأمان .



مثال / مركبة تسير بانطلاق $108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ امامها منعطف أفقي نصف قطره 80m فإذا كان معامل الاحتكاك الشروعي بين الاطارات والطريق 0.5 هل بإمكان المركبة اجتياز هذا المنعطف بهذا الانطلاق؟

الحل / $V = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 108 \times \frac{1000}{3600} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$V^2 \leq \mu s r g \rightarrow V^2 \leq 0.5 \times 80 \times 10$$

$$V^2 \leq 400 \rightarrow V \leq 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

∴ لا يمكن لسائق السيارة ان يتحرك بسرعة 30 m/s لذا يتطلب التقليل من سرعته بحيث لا تزيد عن $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
علل مايلي /

(1) ينزلق الصبي الجالس على منضدة أفقية واسعة ملساء أثناء دوران المنضدة

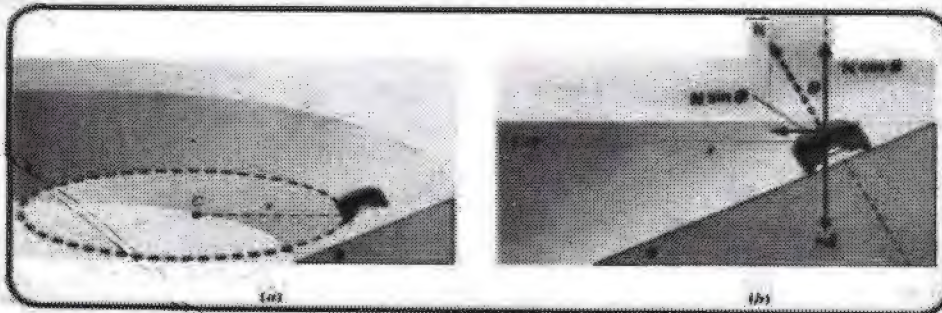
ج / لأن قوة الاحتكاك بينه وبين سطح المنضدة أقل من القوة المركزية اللازمة لابقائه على المسار الدائري .

(2) يعمل سائق المركبة على تقليل مقدار سرعته عند وصولها لمنعطف أفقي في يوم ممطر، مقارنة مع مقدارها في يوم تسخو وفي المنعطف ذاته

ج / لان معامل الاحتكاك بين الاطارات والسيارة والطريق يقل في يوم ممطر وبذلك تقل مقدار السرعة الامان القصوى اللازمة لابقاء السيارة على مسارها الدائري وفق العلاقة $V \leq \sqrt{M s r g}$

حركة المركبات على المنعطفات المائلة /

تنشأ الطرق المائلة عند المنعطفات (بحيث يكون ارتفاع الحافة الخارجية للطريق اكبر من ارتفاع حافتها الداخلية) لتوليد القوة المركزية (F_c) المناسبة للاستدارة وحساب زاوية ميل المنعطف عن الافق نحلل قوة رد الفعل للطريق (N) الى مركبتين الاول افقية $N \sin \theta$ تعمل على تغيير اتجاه السرعة المماسية الانية وتعتبر هي القوة المركزية المناسبة للاستدارة وتوجه نحو مركز الدائرة . بينما المركبة الشاقولية فهي $N \cos \theta$ والتي تعادل وزن السيارة .



$$N \sin \theta = f_c \dots\dots 1)$$

$$N \cos \theta = W \dots\dots 2)$$

بقسمة المعادلة (1) على (2)

$$\frac{N \sin \theta}{N \cos \theta} = \frac{m V^2 / r}{m g}$$

$$\tan \theta = \frac{V^2}{r g} \rightarrow \theta = \tan^{-1} \frac{V^2}{r g}$$

علل / يتوجب على راكب الدراجة ان يزيد من زاوية ميله عن الشاقول عند حركته على منعطف افقي معين بأنطلاق اكبر.

ج / لزيادة القوة المركزية (المركبة الافقية لرد فعل الطريق العمودي على الدراجة) وجعلها مناسبة لبقاء الدراجية في المسار الدائري وبانطلاق اكبر. $V = \sqrt{\tan \theta gr}$

علل / تميل الطائرة عن الوضع الافقي عند استدارتها أثناء الطيران وكذلك الطير الى الجهة التي سيتدير نحوها.

ج / للحصول على قوة مركزية الناتجة من محصلة وزن الطائرة ((الطير)) وقوة دفع الهواء لتساعده على الاستدارة أثناء الطيران $V = \sqrt{\tan \theta gr}$

ملاحظة /

- (1) المعادلة اعلاه تثبت ان θ زاوية ميل الطريق عن الافق لاعتتمد على كتلة السيارة التي تدور حول المنعطف .
- (2) الزاوية θ تؤخذ دائماً مع الشاقول عند التحليل (بنفس طريقة الاجسام الموضوع على سطح مائل).
- (3) أن $\tan \theta = \mu_s$ لأن $V = \sqrt{\mu_s gr}$

مثال / سكة قطار دائرية نصف قطر مدار استدارتها 120m وعرض السكة 1.5m وفرق الارتفاع بين السكة من حافتها الخارجية الى حافتها الداخلية 0.9m ما اقصى انطلاق يستطيع القطار ان يمر به على تلك

السكة بأمان .

WWW.IQ-RES.COM

الحل /

$$\sin \theta = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{0.9}{1.5} = \frac{3}{5} \Rightarrow \theta = 37^\circ \quad \text{زاوية ميل السكة عن الافق}$$

$$\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$$

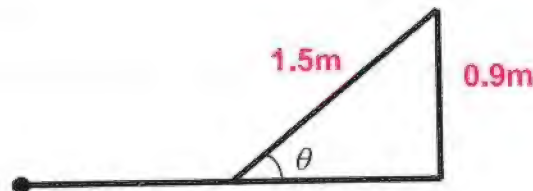
$$\tan \theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{v^2}{120 \times 10}$$

$$v^2 = \frac{1200 \times 3}{4}$$

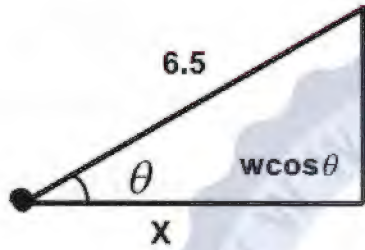
$$v^2 = 900$$

$$v = 30 \text{ m/s} \quad \text{وهو اقصى انطلاق}$$



$$\mu_s = \tan \theta = \frac{3}{4} = 0.75$$

مثال/ ما أكبر انطلاق لسيارة تجتاز منعطف مقوس مائل نصف قطر تقوس الأفقي 150m إذا كان عرض الطريق 6.5m وأرتفاع حافته الخارجية عن الداخلية 2.5m وكتلة السيارة 1800kg فما مقدار تعجيلها المركزي وما مقدار رد فعل الطريق العمودي عليها ؟

الحل/

$$X^2 = (6.5)^2 - (2.5)^2$$

$$X^2 = 42.25 - 6.25$$

$$X^2 = 36 \Rightarrow X = 6m$$

$$\tan \theta = \frac{2.5}{6} = \frac{25}{60} = \frac{5}{12}$$

$$V = \sqrt{\tan \theta \cdot r \cdot g} = \sqrt{\frac{5}{12} \times 150 \times 10}$$

$$= \sqrt{\frac{2500}{4}} = \frac{50}{2} = 25 \text{ m/s}$$

$$a_c = \frac{V^2}{r} = \frac{625}{150} = \frac{25}{6} = 6.1 \text{ m/s}^2$$

$$N = \frac{mg}{\cos \theta} = \frac{1800 \times 10}{\frac{6}{6.5}} = \frac{1800 \times 10 \times 6.5}{6} = 300 \times 65 = 19500N$$

الوزن الحقيقي والوزن الظاهري :

ان الوزن الحقيقي W_{real} للجسم هو قوة جذب الأرض للجسم الذي كتلته m وان آلة قياس الوزن هو القبان الحلزوني ومقدار الوزن هو استطالة نابض القبان حيث التعجيل الأرضي $g = 9.8 \text{ N/Kg}$

اما الوزن الظاهري W_{app} او ما يسمى بالوزن المؤثر لجسم فهو القوة التي يسلطها سائد الجسم للجسم . لو ان شخص كتلته m واقف على ميزان لقياس وزنه في مصعد . أن القوة المؤثرة على الشخص هي اثنتين .

الأولى : قوة الجاذبية (mg) واتجاهها نحو الاسفل .

الثانية : رد الفعل (N) (أرضية المصعد السائد للجسم) واتجاهها نحو الاعلى .

وهناك اربعة حالات لقياس الوزن الظاهري والوزن الحقيقي .

الحالة الاولى : المصعد ساكن او صاعد او نازل وبسرعة ثابتة يكون تعجيل الشخص والمصعد يساوي صفر .

$$a = 0$$

$$\therefore \Sigma \vec{F} = ma = 0 \Rightarrow \Sigma \vec{F} = \vec{N} - \vec{W}$$

$$\vec{ma} = \vec{N} - \vec{W}$$

$$0 = \vec{N} - \vec{W}$$

لان $a = 0$

$$\vec{W}_{app} = \vec{W}_{real}$$

اي الوزن الظاهري (W_{app}) (قراءة القبان) = الوزن الحقيقي للشخص (W_{real})

الحالة الثانية : المصعد نازل بتعجيل ثابت a .

$$\sum \vec{F} = ma$$

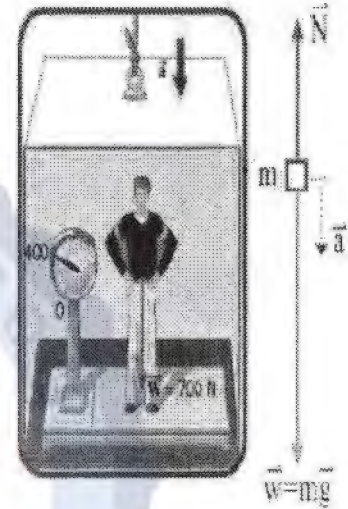
$$\vec{ma} = \vec{W} - \vec{N}$$

$$\vec{W}_{app} = \vec{W}_{real} - ma$$

اي ان الوزن الظاهري للشخص (\vec{W}_{app})

في هذه الحالة اقل من وزنه الحقيقي (\vec{W}_{real}) بالمقدار (ma)

W موجب لانه مع اتجاه المصعد
 N سالب لانه عكس اتجاه المصعد

الحالة الثالثة : المصعد صاعد بتعجيل ثابت (a)

$$\sum \vec{F} = ma$$

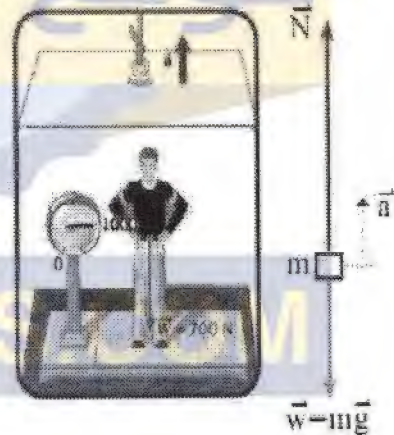
$$\vec{ma} = \vec{N} - \vec{W}$$

$$\vec{W}_{app} = \vec{W}_{real} + ma$$

اي ان الوزن الظاهري للشخص (\vec{W}_{app}) في هذه الحالة

اكبر من وزنه الحقيقي (\vec{W}_{real}) بالمقدار ma

W سالب لانه عكس اتجاه المصعد
 N موجب لانه مع اتجاه المصعد

الحالة الرابعة : اذا كان المصعد ساقطاً سقوطاً حر (عندما ينقطع سلك المصعد) فان التعجيل الخطي a يساوي

التعجيل الارضي g ويكون صافي القوة .

$$\sum \vec{F} = \vec{ma} \quad \Rightarrow \quad \sum \vec{F} = \vec{mg}$$

$$\vec{W}_{real} - \vec{N} = \vec{mg} \quad \Rightarrow \quad \vec{N} = \vec{W}_{real} - \vec{mg}$$

$$\vec{W}_{app} = \vec{mg} - \vec{mg}$$

وهذه العلاقة تبين انعدام الوزن الظاهري للجسم في حالة السقوط الحر $\vec{W}_{app} = 0$



مثال / يقف شخص كتلته (60Kg) على ميزان (لقياس الوزن) مامقدار قراءة الميزان (الوزن الظاهري) عندما يكون المصعد



(a) يتحرك شاقولياً بسرعة ثابتة .

(b) نازل شاقولياً بتعجيل 2 m/s^2

(c) صاعد شاقولياً بتعجيل 2 m/s^2

على افتراض ان التعجيل الارضي للسقوط الحر ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

الحل / نرسم المخطط الحر لبيان القوى المؤثرة ونطبق قانون نيوتن الثاني على المحور y
(a) الحالة الاولى :

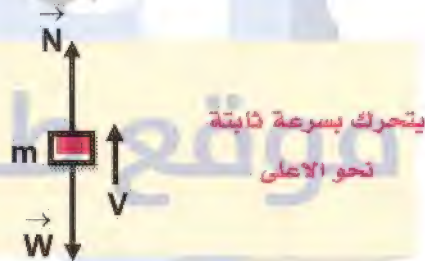
حيث يتحرك المصعد شاقولياً الى الاعلى بسرعة ثابتة حيث $a = 0$.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = 0$$

$$\vec{N} - \vec{W} = 0$$

$$\vec{N} - m\vec{g} = 0$$

$$N = mg = 60 \times 10 = 600 \text{ N}$$



(b) الحالة الثانية :

المصعد ينزل بتعجيل 2 m/s^2

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{W} - \vec{N} = m\vec{a}$$

$$m\vec{g} - \vec{N} = m\vec{a}$$

$$N = 600 - 120 = 480 \text{ Newton}$$



(c) الحالة الثالثة :

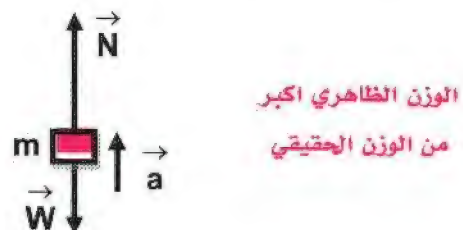
المصعد يصعد شاقولياً بتعجيل 2 m/s^2

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{N} - m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$N - 60 \times 10 = 60 \times 2$$

$$N = 720 \text{ Newton}$$



اسئلة الفصل السادس (الحركة الدائرية)

س 1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية :

(1) جسم يتحرك على مسار دائري بانطلاق ثابت يكون اتجاه تعجيله .

- (a) باتجاه الحركة
(b) باتجاه مركز الدوران
(c) بعيداً عن مركز الدائرة
(d) اي واحد مما ذكر يعتمد على موضع الجسم

الجواب / هو (b) باتجاه مركز الدوران

(2) سيارة تتحرك على مسار دائري على طريق افقية فان القوة المركزية المؤثرة في السيارة .

- (a) القصور الذاتي (b) الجاذبية الارضية
(c) قوة الاحتكاك الشروعي بين اطارات السيارة والطريق .
(d) رد فعل الطريق العمودي على السيارة .

الجواب / هو (c) قوة الاحتكاك الشروعي بين اطارات السيارة والطريق

(3) القوة المركزية التي تبقي الارض في مسارها حول الشمس تتوافر .

- (a) بوساطة القصور الذاتي
(b) بوساطة دوران الارض حول محورها
(c) جزء بوساطة جاذبية سحب
(d) بوساطة جاذبية الشمس

الجواب / هو (d) بوساطة جاذبية الشمس

(4) يتحرك جسم على مسار دائري بانطلاق ثابت فاذا تضاعف نصف قطر مساره الدائري فان القوة المركزية اللازمة لبقائه في ذلك المسار تصبح .

- (a) ربع مما كانت عليه
(b) نصف مما كانت عليه
(c) مرتين اكبر مما كانت عليه
(d) اربع مرات اكبر مما كانت عليه

الجواب / هو (b) نصف مما كانت عليه

$$r_2 = 2r_1$$

$$\frac{F_{c2}}{F_{c1}} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_1}{2r_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow F_{c2} = \frac{1}{2} F_{c1}$$

(5) سيارة كتلتها (1200 Kg) وانطلاق 6m/s عند مرورها في منعطف دائري افقي نصف قطره

30 m فان القوة المركزية العاملة على السيارة هي .

- 147 N (b) 48 N (a)
1440 N (d) 240 N (c)

الجواب / هو (d) 1440 N

التوضيح/

$$F_c = \frac{mV^2}{r} = \frac{1200 \times 6^2}{30} = 1440N$$

(6) عند انتقال شخص من موقعه عند خط الاستواء الى موقع عند احد القطبين الجغرافيين فإن الوزن المؤثر للجسم .

التوضيح /
 لأن السرعة V تساوي صفر ومنه القوة المركزية تساوي صفر

$$F_c = W_{\text{real}} - W_{\text{app}}$$

$$0 = W_{\text{real}} - W_{\text{app}}$$

$$\therefore W_{\text{app}} = W_{\text{real}}$$

(a) يصير اصغر من وزنه الحقيقي

(b) يصير اكبر من وزنه الحقيقي

(c) يساوي وزنه الحقيقي

(d) يساوي صفر

الجواب / هو (c) يساوي وزنه الحقيقي

س2/ (1) اكتب معادلة القوة المركزية واثبت ان وحده قياسها تقدر بالنيوتن .

$$F_c = \frac{mV^2}{r}$$

$$F_c = \frac{\text{Kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{m}} = \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}^2}{\text{ms}^2} = \frac{\text{Kgm}}{\text{s}^2} = \text{Newton}$$

(2) هل يمكن لجسم ان يتحرك على مسار دائري من غير وجود قوة مركزية مؤثرة فيه . ولماذا ؟

الجواب / لا يمكن لأن القوة المركزية هي التي تجعل الجسم يدور بمسار دائري وفي حالة فقدانها فان الجسم يتحرك حركة ذات سرعة مماسية آنية (خطية) .

(3) هل يمكن ان يثزن الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة ؟ ولماذا ؟

ج / لا يمكن لأن اي جسم يتحرك بمسار دائري لابد من وجود قوة مركزية (اي ان محصلة القوى الخارجية عليه لاتساوي صفر) ولهذا فانه يكتسب تعجيل مركزي فيكون غير متزن .

(4) علل / يتوجب على راكب الدراجة ان يزيده ميله عن الشاقول عند حركته على منعطف افقي معين بانطلاق اكبر .

ج / لزيادة القوة المركزية وهي المركبة الافقية لرد فعل الطريق ($N \sin \theta$) وجعلها مناسبة لبقاء راكب الدراجة والدراجة في المسار الدائري ذاته وبانطلاق اكبر .

(5) تحت اي شرط يمكن لجسم ان يتحرك على مسار دائري فيمتلك تعجيلا مركزيا ولايملك تعجيلا مماسيا وضع ذلك .

ج / وجود قوة مركزية عمودية على متجه السرعة الآنية فتغير فقط اتجاه السرعة مع ثبوت الانطلاق فيكتسب الجسم تعجيل مركزي (a_c) [اي ان الحركة دائرية منتظمة] .

(6) ما سبب انفصال قطرات الماء من الملابس المبللة الموضوعة في آلة تجفيف الملابس ذات الحوض الدوار اثناء دورانها .

ج / لأن قوة التلاصق بين قطرات الماء والملابس اقل من القوة المركزية اللازمة لتدوير الملابس بمسار دائري لذلك تتجه باتجاه المماس وتخرج من الثقوب الموجودة في حوض النشاف .

المسائل

س1/ احسب التعجيل المركزي لجسم عند نقطة على سطح الارض تبعد عن محور دوران الارض 5000 Km .

الحل/

$$F_c = \frac{mV^2}{r} \dots\dots\dots (1)$$

$$F_c = ma_c \dots\dots\dots (2)$$

بمساوات المعادلتين

$$\frac{mV^2}{r} = ma_c$$

يمكن كتابة هذا القانون مباشرة ولكنني تقصدت كي يتعلم الطالب اشتقاق هذه العلاقة

$$a_c = \frac{V^2}{r} = \frac{W^2 r^2}{r} = W^2 r \quad (V = Wr)$$

$$W = \frac{\text{عدد الدورات}}{24 \text{ hours} \times 3600 \text{ sec}} = \frac{2\pi \times 1}{24 \times 3600} = 7.3 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$$

$$a_c = (7.3 \times 10^{-5})^2 \times 5 \times 10^6 = 0.0260 \text{ m/s}^2$$

س2/ قمر صناعي يتحرك بانطلاق ثابت في مسار دائري نصف قطر مداره عن مركز الارض 7000Km .

(1) انطلاق القمر الصناعي في مداره. (2) زمن الدورة الواحدة عند هذا المدار

$$6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2} = G \text{ علماً ان ثابت الجذب العام}$$

$$M_E = 5.98 \times 10^{24} \text{ Kg} = \text{كتلة الارض}$$

الحل/

$$F = G \frac{mM_E}{r^2} \dots\dots\dots (1) \text{ قانون الجاذبية}$$

$$(1) F_c = \frac{mV^2}{r} \dots\dots\dots (2) \text{ القوة المركزية}$$

$$\frac{mV^2}{r} = G \frac{mM_E}{r^2} \Rightarrow V^2 = G \frac{M_E}{r}$$

$$V = \sqrt{\frac{GM_E}{r}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{7 \times 10^6}}$$

$$V = \sqrt{\frac{39.88 \times 10^7}{7}} = 7.5 \times 10^3 \text{ m/s}$$

$$(2) \quad \omega = \frac{\text{عدد الدورات}}{\text{الزمن}}$$

$$\frac{V}{r} = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{T}$$

$$\frac{V}{r} = \frac{2\pi \times 1}{T}$$

$$T = \frac{2\pi r}{V} = \frac{2 \times 3.14 \times 7 \times 10^6}{7.5 \times 10^3} = \frac{43.96 \times 10^3}{7.5}$$

$$T = 5.824 \times 10^3 \text{ sec} = 1.618 \text{ hours}$$

س3/ سيارة تسير على منعطف افقي دائري نصف قطره 200m بانطلاق ثابت 30 m/s فاذا كانت كتلة السيارة 1000 Kg

(1) جد قوة الاحتكاك اللازمة لتوافر القوة المركزية اللازمة .

(2) اذا كان معامل الاحتكاك الشروعي $\mu = 0.8$ فما اكبر انطلاق تسير به السيارة على المسار من غير انزلاق

الحل/

$$f_s = F_c = \frac{mV^2}{r}$$

$$f_s = \frac{1000 \times (30)^2}{200} = \frac{900000}{200} = 4500 \text{ N}$$

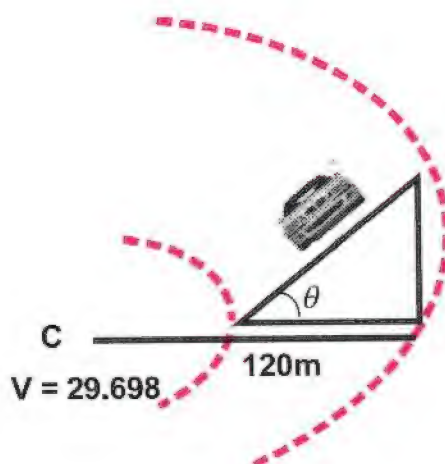
$$V = \sqrt{\mu_s g r} = \sqrt{0.8 \times 10 \times 200} = \sqrt{1600}$$

$$V = 40 \text{ m/s} \quad \text{اقصى انطلاق من غير انزلاق}$$



س4/ طريق مقوسة دائرية عرضها 3.75m مائلة عن الافق ونصف قطر تقوسها الافقي 120m مصممة لسير السيارات بالانطلاق المحدد لها 29.698 m/s احسب ارتفاع الحافة الخارجية للطريق عن حافتها الداخلية .

الحل/



$$\tan \theta = \frac{V^2}{rg} = \frac{(29.698)^2}{120 \times 10} = \frac{882}{1200} = 0.734$$

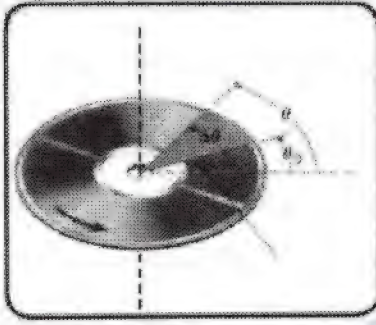
$$\theta = \tan^{-1} 0.734 = 36.278$$

$$\therefore \sin 36.278 = 0.591$$

$$0.591 = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}}$$

$$0.591 = \frac{\text{الارتفاع}}{3.75}$$

$$\text{الارتفاع} = 2.21 \text{ m}$$

الحركة الدورانية rotational motion :

هي دوران جسم جاسيء حول محور معين ماراً منه اوماً من احدى نقاطه .
تعريف آخر : هو دوران جسم جاسيء ذي ابعاد حول محور يمر من خلاله .
الشكل المجاور / يوضح دوران قرص حول محور ثابت يمر في النقطة O وعمودياً على مستوى الشكل.

* مثل دوران الارض حول محورها، دوران عقارب الساعة، دوران عجلات السيارة.

الجسم الجاسيء : هو الجسم الذي لا يتغير شكله او نمط توزيع كتلته أثناء دورانه لتتذكر ما درسناه في بداية الفصل وهي الازاحة الزاوية (θ) هي حيث s طول القوس ، r نصف القطر

$$\theta = \frac{s}{r}$$

θ تحسب بالزاوية نصف قطرية (rad) .

س/ ما الفرق بين الحركة الدائرية والحركة الدورانية ذاكراً مثال لذلك؟

ج/ الحركة الدائرية هي حركة الجسم على مسار دائري حول محور لا يمر في الجسم مثل حركة فوهة الهواء لاطار عجلة السيارة.

الحركة الدائرية هي حركة الجسم حول محور يمر في الجسم مثل حركة عجلات السيارة.

السرعة الزاوية (ω) :

هو المعدل الزمني للازاحة الزاوية . تقرأ (اوميكا) (ω)

* ولحساب السرعة الزاوية للحركة الدورانية المنتظمة .

(اذا كان الجسم يقطع ازاحات متساوية في ازماناً متساوية) $\omega = \frac{\theta}{t}$

مثل دوران الارض حول محورها ودوران عقارب الساعة .

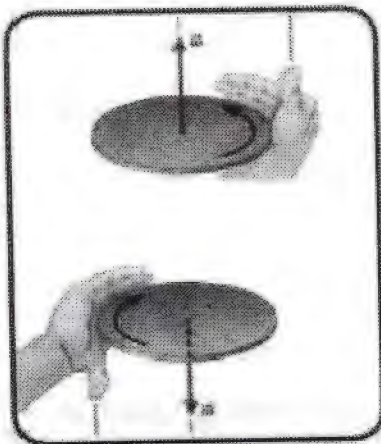
وتحسب السرعة الزاوية (ω) بوحدته (rad / s) أو rev / s

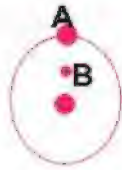
اتجاه السرعة الزاوية :

السرعة الزاوية (ω) كمية اتجاهية اتجاهها عمودي على مستوى دوران الجسم ويعين اتجاهها حسب قاعدة الكف اليمنى (يجعل الاصابع الاربعة لليد اليمنى تلف باتجاه دوران الجسم عند ذلك سيشير اتجاه الابهام الى اتجاه السرعة الزاوية) . لاحظ الشكل

وذكرنا ايضاً ان العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية هي

$$V = \omega r \quad \text{أو} \quad \omega = \frac{V}{r}$$





س/ في الشكل التالي اي من النقاط A أو B تمتلك سرعة زاوية او انطلاق خطي أكبر عند دوران القرص حول محوره؟

ج/ كل من النقطة A و B تمتلكان نفس السرعة الزاوية W

لان عند دوران القرص فأنهما يصنعان نفس الازاحة الزاوية θ خلال نفس الفترة الزمنية $W = \frac{\theta}{t}$ بينما النقطة A تمتلك سرعة خطية أكبر من النقطة B لان نصف قطرها أكبر وفق العلاقة $V = W \times r$ بثبوت السرعة الزاوية.

التعجيل الزاوي (α) :

هو المعدل الزمني لتغير السرعة الزاوية .

$$\alpha = \frac{\Delta \vec{W}}{\Delta t} = \frac{W_f - W_i}{t_f - t_i} \quad (\text{تقرأ ألفا})$$

وان وحدته قياس التعجيل الزاوي rad/s^2

اتجاه التعجيل الزاوي :

التعجيل الزاوي كمية اتجاهية اتجاهه باتجاه يوازي السرعة الزاوية (ω) ويكون باتجاه السرعة الزاوية اذا كان التعجيل تسارعي وفي هذه الحالة تعوض قيمته بإشارة موجبة في القانون ويكون عكس اتجاه السرعة الزاوية اذا كان التعجيل تباطؤ في هذه الحالة تعوض قيمته بإشارة سالبة في القانون (انظر الشكل اعلاه)

معادلات الحركة الزاوية ذات التعجيل الزاوي المنتظم :

ان معادلات الحركة الزاوية للجسم الجاسيء بتعجيل زاوي منتظم هي نفسها معادلة الحركة ذات التعجيل الخطي المنتظم .

ت	معادلات الحركة الخطية	ت	معادلات الحركة الزاوية
1	$V_f = V_i + at$	1	$\omega_f = \omega_i + \alpha t$
2	$V_f^2 = V_i^2 + 2aX$	2	$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\theta$
3	$X = V_i t + \frac{1}{2}at^2$	3	$\theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
4	$X = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot t$	4	$\theta = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cdot t$

ملاحظات :

— اذا بدأت الحركة من السكون فإن $[W_i=0]$ واذا توقف عن الدوران $[W_f=0]$ وفي هذه الحالة يكون $[\alpha]$ التعجيل الزاوي سالباً.

— اذا كان المطلوب في السؤال ما عدد الدوران هذا يعني المطلوب أيجاد الازاحة الزاوية (θ) بوحدته rev.

— اذا كانت السرعة الزاوية W بوحدته $\frac{\text{rev}}{\text{min}}$ يجب تحويلها في بداية الحل الى $\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ من خلال $\frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi}{60} = \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

س/ هل يمكن ان تتغير السرعة الزاوية للجسم مع بقاء المعدل الزمني لدورانه ثابت ؟ وضح .

ج/ نعم وذلك بتغير اتجاه محور الدوران لأن السرعة الزاوية كمية اتجاهية تتغير اذا تغير اتجاهها مع بقاء المقدار ثابت .
كمثال قطار يدور على سكة دائرية بمستوى أفقي بأنطلاق ثابت فإن مقدار سرعته الزاوية ثابتة ولكن اتجاهه متغير.



مثال / تدور عجلة بتعجيل زاوي منتظم $\alpha = 3.5 \text{ rad/s}^2$ اذا كانت السرعة الزاوية 2 rad/s عند

الزمن $t_{in}=0$ ما الازاحة الزاوية التي تدورها العجلة بين الزمن $t = 0$ $t = 2 \text{ s}$

(1) بالزوايا نصف القطرية . وبالدورات

(2) مامقدار السرعة الزاوية للعجلة عند الزمن $t_f = 2 \text{ sec}$

الحل /

(1) $\theta = \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2$

$\theta = 2 \times 2 + \frac{1}{2} \times 3.5 \times (2)^2 = 4 + 7 = 11 \text{ rad}$ (radian) الازاحة الزاوية بـ

$\frac{11 \text{ rad}}{2\pi \text{ rad/rev}} = 1.75 \text{ rev}$

(2) $t = 2 \text{ s}$

$\omega_f = \omega_i + \alpha t$

$\omega_f = 2 + 3.5 \times 2$

$\omega_f = 9 \text{ rad/s}$

س / متى تكون الحركة الدورانية منتظمة ومتى تصبح غير منتظمة

ج / تكون الحركة الدورانية منتظمة عندما

(أ) - المعدل الزمني للدوران ثابت (الانطلاق ثابت) (ب) - اتجاه محور الدوران ثابت .

مثال ذلك / دوران عقارب الساعة الجدارية .

اما الحركة الدورانية غير المنتظمة تكون عندما

أما (أ) - يتغير المعدل الزمني للدوران . أو (ب) - يتغير اتجاه محور الدوران . (ج) - يتغير كليهما .

مثال ذلك / دوران الارض حول نفسها - دوران عقارب ساعة اليد لأن اتجاه الدوران متغير .

س / في الامثلة الاتية هل يمتلك الجسم تعجيلاً زاوياً ولماذا؟

(1) دوران عقارب الساعة الجدارية.

ج / لا تمتلك تعجيلاً زاوياً لثبت مقدار السرعة واتجاه محور الدوران.

(2) دوران عقارب ساعة اليد

ج / تمتلك تعجيلاً زاوياً لتتغير في اتجاه محور الدوران.

(3) دوران عجلات السيارة من السكون وعلى خط مستقيم

ج / يمتلك تعجيلاً زاوياً لتتغير مقدار السرعة الزاوية وثبت اتجاه محور الدوران.

عزم القصور الذاتي (I) وطاقة الدوران :

القصور الذاتي في الحركة الدورانية (الاستمرارية الدورانية) وهو القانون الاول لنيوتن في الحركة الدورانية .

التعريف /

ان الجسم عاجز او قاصر عن تغير حالته الحركية من السكون او حركة السرعة زاوية منتظمة مالم يؤثر

فيه عزم خارجي غير متزن ..

عزم القصور الذاتي لجسيم /

هو مقدار المقاومة التي يمتلكها الجسيم ضد العزوم الخارجية المؤثرة عليه وهو كمية عددية وحداتها $\text{Kg} \cdot \text{m}^2$ أو $\text{gm} \cdot \text{cm}^2$.

$$I = mr^2$$

حيث m هي الكتلة ، r البعد عن محور الدوران

ان عزم القصور الذاتي للجسم يساوي مجموع عزوم القصور الذاتي لجميع اجزاء الجسم حول ذلك المحور

$$I_{\text{body}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

(*) عزم القصور الذاتي كمية غير اتجاهية

أهميته :

- 1- معرفة مدى محافظة الجسم المتحرك حركة دورانية على استمرار الدوران المنتظم.
- 2- مدى ما يتحملة الجسم من عزم دوراني خارجي يؤثر فيه.

س/ علام يعتمد عزم القصور الذاتي

ج/ يعتمد على (1) شكل الجسم

(2) كتلة الجسم

(3) نمط توزيع الكتل بالنسبة لمحور الدوران

* الجدول المجاور يبين عزوم القصور

الذاتية للأجسام الجاسئة المتجانسة

المختلفة للأشكال الهندسية.

وبذلك من الشكل التالي نستنتج ان :

(اسطوانة مجوفة او حلقة رقيقة) $I = mr^2$

(قرص أو اسطوانة صلبة) $I = \frac{1}{2} mr^2$

كره صلبه $I = \frac{2}{5} mr^2$

كره مجوفة $I = \frac{2}{3} mr^2$

• هذه الاجسام هي أكثر استخداماً في المسائل قد يطلب حفظها او تعطى في السؤال.

وبصورة عامة فان عزم القصور الذاتي هو $I = Amr^2$

حيث A هو عامل عددي يعتمد على شكل الجسم وفي اغلب الاحيان عزم القصور الذاتي

يعطي في السؤال او المسألة

الحركة المركبة (حركة انتقالية وحركة دورانية) :

اذا تدحرج جسم بدون انزلاق (دحرجة صرفه) مثل كره او حركة عجلة الدراجة او السيارة على سطح خشن فان لهذا الجسم حركتين في آن واحد (حركة انتقالية وحركة دورانية) ومنها تكون الطاقة الحركية الكلية للجسم

الجاسيء يساوي مجموع الطائقتين الحركية الخطية والحركية الدورانية .

$$KE_{\text{Total}} = KE_{\text{Trans}} + KE_{\text{Rot}}$$

دورانية انتقالية

$$KE = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} I\omega^2$$

ملاحظات هامة:

- عند دوران قرص حول محور معين فإنه يمتلك طاقة حركية دورانية فقط.
- عند دحرجة قرص على سطح أفقي أملس فإنه يمتلك طاقة حركية خطية فقط.
- عند دحرجة قرص على سطح خشن دحرجة صرف فإنه يمتلك طاقة حركية دورانية وخطية في نفس الوقت.
- قوه الاحتكاك تسبب ضياع او نقص في الطاقة الحركية الخطية فقط.
- عند دحرجة قرص من قمة سطح مائل خشن دحرجة صرف ارتفاعه h فإن الطاقة الحركية الكلية عند أسفل السطح = الطاقة الكامنة عند قمة السطح.

$$P.E = K.E \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

س/ كرة صلبة جاسنة تتدحرج دحرجة صرفا (من غير انزلاق) على سطح مائل فإن نسبة الطاقة الحركية الدورانية للكرة الى الطاقة الحركية الكلية عند أسفل السطح تساوي $\frac{2}{7}$ أثبت ذلك

$$\frac{KE_R}{KE_T} = \frac{\frac{1}{2}I\omega^2}{\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2}$$

ج/

$$= \frac{\frac{1}{2}I\omega^2}{\frac{1}{2}(mv^2 + I\omega^2)} = \frac{I\omega^2}{mv^2 + I\omega^2} = \frac{\frac{2}{5}mr^2 \frac{v^2}{r^2}}{mv^2 + \frac{2}{5}mr^2 \frac{v^2}{r^2}}$$

$$= \frac{\frac{2}{5}mv^2}{mv^2 + \frac{2}{5}mv^2} = \frac{\frac{2}{5}mv^2}{(1 + \frac{2}{5})mv^2} = \frac{\frac{2}{5}}{1 + \frac{2}{5}} = \frac{2}{7}$$

العلاقة بين السرعة الخطية المماسية والسرعة الزاوية :

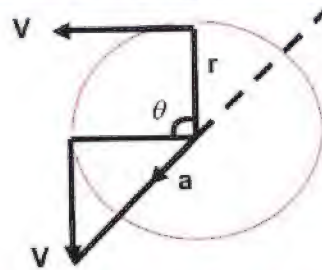
نتصور جسم جاسيء يدور حول محوره وبسرعة زاوية منتظمة فإن كل جسيم من هذا الجسم يدور حركة دائرية حول محور الدوران بنصف قطر r وبسرعة مقدارها ثابت واتجاهها متغير

بقسمة الطرفين على t $S = r\theta$

$$\frac{s}{t} = \frac{r\theta}{t}$$

$$v = \frac{s}{t}, \omega = \frac{\theta}{t} \quad \text{ولكن}$$

$$\therefore v = \omega r \quad \text{أو} \quad \omega = \frac{v}{r}$$

العلاقة بين التعجيل الخطي المماسي والتعجيل الزاوي :

$$v = \omega r$$

$$\Delta v = \Delta \omega r \quad \text{بقسمة الطرفين على } t$$

$$\frac{\Delta v}{t} = \frac{\Delta \omega}{t} r \rightarrow a_T = r\alpha \quad \text{حيث } a_T \text{ التعجيل المماسي}$$

$$\text{أو } \frac{a_T}{r} = \alpha \quad \alpha \text{ التعجيل الزاوي}$$

مثال/ تدهرجت كرة صلبة على سطح افقي خشن بدرجة صرف بانطلاق خطي (1.5m/s) لمركز كتلتها وكان نصف قطرها (0.1m) وكتلتها (0.2Kg) أحسب مقدار:

(1) عزم قصورها الذاتي حول محورها الهندسي المار من مركزها .

(2) طاقتها الحركية الكلية علماً ان $I \text{ (solid sphere)} = \frac{2}{5}mr^2$ كرة صلبة

الحل /

$$(1) I = \frac{2}{5} mr^2$$

$$I = \frac{2}{5} \times 0.2 \times (0.1)^2 \rightarrow I = \frac{2 \times 0.2 \times 0.01}{5} = \frac{0.004}{5} = 8 \times 10^{-4} \text{ Kg.m}^2$$

$$I = 0.0008 \text{ Kg.m}^2 \text{ عزم القصور الذاتي}$$

$$(2) \omega = \frac{V}{r} = \frac{1.5}{0.1} = 15 \text{ rad/s}$$

$$KE = KE_T + KE_R$$

$$KE = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times (1.5)^2 + \frac{1}{2} \times 0.0008 \times 15^2$$

$$KE = 0.315 \text{ J} \text{ مقدار الطاقة الحركية}$$

$$KE = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} IW^2$$

طريقة أخرى:

$$I = \frac{2}{5} mr^2, W^2 = \frac{v^2}{r^2}$$

$$\therefore KE = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{2}{5} mr^2 \right) \frac{v^2}{r^2}$$

$$KE = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{5} mV^2 = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5} \right) mV^2$$

$$= \frac{7}{10} mV^2$$

$$= \frac{7}{10} \times 0.2 \times (1.5)^2 = 0.315 \text{ joul}$$

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصراً

موبايل / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢ / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١

العزم المدور والتعجيل الزاوي (قانون نيوتن الثاني في الحركة الدورانية) :

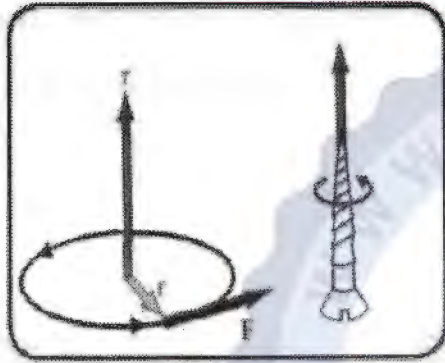
درسنا سابقاً ان الجسم الجاسيء يكون متزن عندما تكون محصلة العزوم الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفر .

س/ ماذا يحصل لجسيم يتحرك حركة دورانية حول محوره اذا اثر عليه عزم خارجي .

ج/ يتسبب له تعجيل زاوي حول ذلك المحور مقدار هذا التعجيل

يتناسب طردياً مع العزم المدور وعكسياً مع عزم القصور الذاتي

للجسم حول ذلك المحور



$$\sum \vec{\tau} \propto \vec{\alpha}$$

$$\sum \vec{\tau} = I \vec{\alpha}$$

T تقرأ تاو

(*) العزم المدور T وحدته N.M

(*) العزم المدور T والتعجيل الزاوي α كميتان متجهتان لهما الاتجاه نفسه وهو ينطبق على محور الدوران (طبقاً

لقاعدة الكف اليمنى) بينما عزم القصور الذاتي I كمية غير متجهة .

مثال / اسطوانة صلبة كتلتها 1 Kg نصف قطر قاعدتها 0.2 m شرعت بالدوران من السكون حول

محورها الهندسي الطويل المار من مركزي وجهيها عندما اثرت فيها قوة مماسية مقدارها

10N أحسب .

(1) مقدار سرعتها الزاوية بعد مرور 5s من بدء الدوران .

(2) عدد الدورات .

$$\sum \vec{\tau} = I \vec{\alpha}$$

$$r \times F = \frac{1}{2} m r^2$$

$$0.2 \times 10 = \frac{1}{2} (1) (0.2)^2$$

$$4 = 0.04 \alpha$$

$$\alpha = \frac{4}{0.04} = 100 \text{ rad/s}^2$$

$$\omega_f = \omega + \alpha \Delta t \quad \text{مقدار السرعة الزاوية للأسطوانة}$$

$$\omega_f = 0 + 100 \times 5 \Rightarrow \omega_f = 500 \text{ rad/s}$$

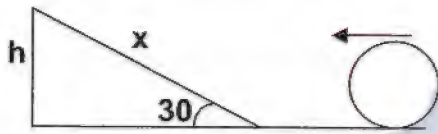
$$\theta = \frac{\omega_f + \omega_i}{2} \times \Delta t = \frac{500 + 0}{2} \times 5 = 1250 \text{ rad}$$

حولنا rad الى rev بقسمتها على

$$\theta = 1250 \text{ rad} \times \left(\frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \right) = \frac{325}{\pi} \text{ rev} = 199 \text{ rev}$$

الحل/

مثال / حلقة رقيقة جاسنة تلتصقها (0.5 kg) تتدحرج على سطح أفقي بسرعة خطية لمركز ثقلها $(5 \frac{m}{s})$ بدحرجة صرف (من غير انزلاق) وصلت الى سطح مائل خشن قياس زاوية ميله 30° فصعدته من غير انزلاق جد:



١- مقدار الطاقة الحركية الكلية عندما تكون الحلقة على السطح الأفقي.

٢- المسافة التي تقطعها الحلقة على السطح المائل حتى تتوقف.

الحل /

$$(1) \quad KE_T = KE_t + KE_R$$

$$\begin{aligned} KE_T &= \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} IW^2 \\ &= \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} (mV^2) \frac{v^2}{r^2} \\ &= \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} mV^2 \\ &= mV^2 = 0.5 \times 25 = 12.5 J \end{aligned}$$

$$(2) \quad KE_T = P.E$$

$$mgh = 12.5 \Rightarrow h = \frac{12.5}{0.5 \times 10} = \frac{12.5}{5} = 2.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{h}{x} \Rightarrow \sin 30 = \frac{h}{x} \Rightarrow 0.5 = \frac{2.5}{x} \\ x &= \frac{2.5}{0.5} = 5 \text{ m} \end{aligned}$$

الشغل في الحركة الدورانية :

إذا اثر عزم على جسم قابل للدوران حول محور معين وسبب له ازاحة زاوية حول ذلك المحور فإن العزم يكون قد انجز شغلاً على ذلك الجسم .

قانون الشغل في الحركة الدورانية :

نعتبر قرص نصف قطره (r) يدور حول محور افقي من مركزه وتؤثر في حافته قوة مماسية (F) وسببت له ازاحة زاوية مقدارها θ وقطعت قوساً طوله S فإن القوة F تنجز شغلاً مقداره (W) .

$$W = F.S$$

$$S = r \theta$$

$$W = (r \times F) \theta$$

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

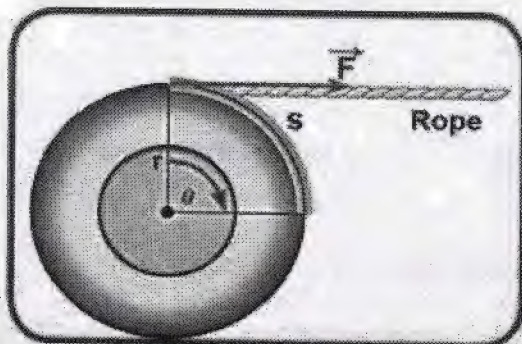
$$W = \vec{\tau} \cdot \theta$$

الشغل المنجز (W) يساوي حاصل ضرب العزم المدور في

الازاحة الزاوية θ

وحدة الشغل هو الجول (Joul)

ووحده العزم المدور N.M والازاحة الزاوية مقدرة ب rad .



ملاحظة /

إذا كان الجسم قابل للدوران حول محوره بدون احتكاك بينه وبين ذلك المحور وانجز عليه شغل دوراني فإن جميع ذلك الشغل يتحول الى طاقة حركية دورانية في الجسم .

$$W = \Delta KE_{\text{Rot}} = KE_{\text{rot(f)}} - KE_{\text{rot(i)}}$$

$$W = \frac{1}{2} I \omega_f^2 - \frac{1}{2} I \omega_i^2 \Rightarrow W = \frac{1}{2} I (\omega_f^2 - \omega_i^2)$$

القدرة الدورانية (P_{ro}) Rotational Power

$$P_{\text{rot}} = \frac{W_{\text{rot}}}{t} \Rightarrow P_{\text{rot}} = \frac{\tau \theta}{t}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} \Rightarrow \omega_{\text{avg}} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

$$P_{\text{rot}} = \tau \cdot \omega_{\text{avg}}$$

هي المعدل الزمني للشغل المنجز وعليه فإن

القدرة الدورانية P_{ro} تساوي حاصل ضرب العزم المدور في السرعة الزاوية المتوسطة وتقاس بوحدة watt وهناك وحدة اكبر هي K.W .

مثال / محرك كهربائي قدرته (1.72 × 10⁵ Watt) يدور بسرعة زاوية متوسطة مقدارها (500 rev/min) ما مقدار العزم المدور العامل على تدويره .

الحل / نحول السرعة الزاوية من (rev / min) الى (rad/s)

$$\omega = \frac{\theta}{t} \Rightarrow \omega = 500 \times \frac{2\pi}{60} = \frac{50}{3} \pi \text{ rad/s}$$

$$P_{\text{tot}} = \tau \cdot \omega_{\text{avg}} \Rightarrow P_{\text{tot}} = \tau \cdot \frac{50\pi}{3}$$

$$1.72 \times 10^5 = \tau \cdot \frac{50\pi}{3} \Rightarrow \tau = \frac{3 \times 1.72 \times 10^5}{50\pi} = 3286 \text{ N.M}$$

الزخم الزاوي Angular momentum

الزخم الزاوي (L) للجسم الجاسيء حول محور دورانه هو عزم الزخم الخطي حول محور الدوران وهو كمية متجهة وحدته Kg.m²/s .

(انتباهها هو اتجاه السرعة الزاوية) (لاحظ الرسم) ومنه

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

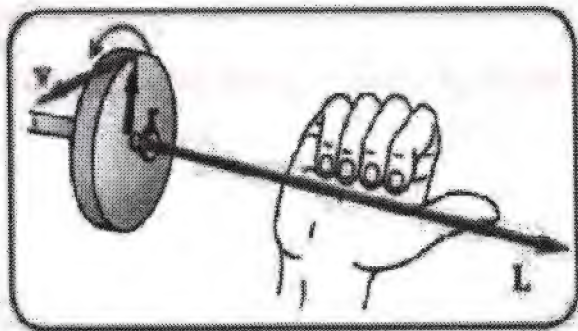
$$\vec{L} = \vec{r} m \vec{v}$$

$$\vec{v} = \vec{r} \omega \Rightarrow \vec{L} = \vec{r} m \vec{r} \omega$$

$$\vec{L} = I \vec{\omega}$$

الزخم الزاوي يعطى بهذه العلاقة

$$I = r^2 m \text{ حيث}$$



س / **علام يعتمد الزخم الزاوي (L) .**

ج / من العلاقة اعلاه فان الزخم الزاوي (L) يعتمد على

(1) عزم قصوره الذاتي I (2) سرعته الزاوية ω **حفظ الزخم الزاوي :**

* اذا تغير عزم القصور الذاتي للجسم الجاسئ من I_1 الى I_2 في اثناء دورانه حول محور ثابت ومن غير تاثير محصلة عزمه خارجية في الجسم فان سرعته الزاوية سوف تتغير من W_1 الى W_2 لان زخمه الزاوي (L) يبقى ثابتاً (في المقدار والاتجاه، في اثناء الدوران).

قانون حفظ الزخم الزاوي :

الزخم الزاوي الكلي للجسم الجاسيء او منظومة الجسيمات الجاسئة يبقى ثابت المقدار والاتجاه ما لم يؤثر عليه عزم خارجي .

من التطبيقات العملية لقانون حفظ الزاخم الزاوي :

- راقصة الباليه
- السابح يكور جسمه بعد القفز من لوحة السباحة.
- المتزلج على الجليد يضم ذراعية لزيادة سرعته الزاوية.
- دوران عجلة مسننة بسرعة زاوية معينة تعشتت مع عجلة أخرى فسوف تفقد الاولى قسماً من زخمها لتكتسبه الثانية فتدور باتجاه معاكس.

علل / في رياضة التزلج على الجليد تزداد سرعة الدوران للمتزلج حول نفسه عند ضم رجليه وذراعية الى جسمه .



ج / عند ضم ذراعيه الى جسمه يعني ان نصف قطر الحركة

الدورانية (r) يقل ومن القانون $I = mr^2$

هذا يعني ان عزم القصور الذاتي I يقل (العلاقة طردية) مما يؤدي الى زياده السرعة الزاوية لكي يبقى الزخم الزاوي ثابت حسب (قانون حفظ الزخم)

$$L = I\omega \quad , \quad I = \frac{L}{\omega}$$

العلاقة عكسية بين I , ω بثبوت الزخم

الدفع الزاوي / هو حاصل ضرب العزم المدور في الزمن وهي كمية اتجاهية وحدة قياسية N.m.s

س / **أثبت ان الدفع الزاوي = التغير في الزخم الزاوي**

$$\therefore \tau = I \alpha \dots\dots (1)$$

$$\therefore W_f = W_i + \alpha t$$

$$\therefore \alpha = \frac{W_f - W_i}{t} \dots\dots (2) \quad (2) \text{ in } (1)$$

$$\tau = I \left(\frac{W_f - W_i}{t} \right)$$

$$\tau \cdot t = I W_f = I W_i$$

$$\tau \cdot t = L_f - L_i = \Delta L$$

اسئلة الفصل السادس (الحركة الدورانية)

س1/ اختر العبارة الصحيحة من العبارات التالية :

(1) اذا دار قرص حول محوره بزخم زاوي منتظم فأن مقدار احدى الكميات الاتية لاتساوي صفر .

(a) التعجيل الزاوي للقرص

(b) الشغل الدوراني للقرص

(c) السرعة الزاوية للقرص

(d) محصلة العزوم الخارجية المؤثرة في القرص

الجواب / هو (c) السرعة الزاوية للقرص . لان القرص دار حول محوره بزخم زاوي منتظم $L = I\omega$

(2) يقف تلميذ عند حافة منصه دائرية تدور بمستوى افقي حول محور شاقولي مارا بمركزها فاذا اقترب

التلميذ ببطى نحو مركز المنصة (من غير تأثير عزم خارجي) فأن مقدار الزخم الزاوي للتلميذ

(a) يزداد

(b) يبقى ثابت

(c) يقل

(d) يساوي زخم الزاوي للمنصة

التوضيح/

اقترب التلميذ نحو المنصة يعني ان نصف قطر الدوران (r)

قل وبما انه لا يوجد تاثير لعزم خارجي .

فأن السرعة تزداد ويبقى الزخم ثابت ومحفوظ عند دوران الجسم

الجواب / (b) يبقى ثابتا

(3) أن (Joule.second) هي وحدات .

(a) قدره

(b) عزم مدور

(c) تعجيل زاوي

(d) زخم زاوي

التوضيح/

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$$

$$\vec{L} = \vec{I} \times \vec{\omega} = r m V = m K g \frac{m}{s}$$

$$\vec{L} = m \frac{K g . m}{s^2} s \quad \text{نضرب البسط والمقام بـ } S \\ = m . N . s = J . s$$

الجواب / هو (d) زخم زاوي

(4) ان المعدل الزمني لتغير الزخم الزاوي يمثل

التوضيح /

$$\tau = I\alpha$$

$$\tau = I(\frac{\omega_1 - \omega_2}{t}) \rightarrow \tau = \frac{I\omega_2}{t} - \frac{I\omega_1}{t}$$

التغير في الزخم الزاوي τ = العزم المدور $\tau = \frac{L_2 - L_1}{t}$

$$\tau = \frac{\tau \times t}{t} = \tau$$

(a) عزم مدور

(b) شغل دوراني

(c) قوة

(d) ازاحة زاوية

الجواب / (a) العزم المدور

(5) قطار يدور على سكة دائرية بمستوى افقي بانطلاق ثابت فان الذي يتغير لعجلات القطار هو

(b) عزم قصورها الذاتي

(a) زخمها الزاوي

(d) طاقتها الحركية الدورانية

(c) مقدار سرعتها الزاوية

الجواب / (a) هو زخمها الزاوي**التوضيح /**

عزم القصور الذاتي لا يتغير لأن $I = mr^2$ وهو كمية غير اتجاهية ولا يتغير الكتلة ونصف القطر ، مقدار السرعة الزاوية ثابتة لأنها تعني الانطلاق ثابت ، طاقتها الحركية الدورانية ثابت لأنها كمية مقدارية غير اتجاهية

$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ والزخم كمية اتجاهية $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}$ لأن الذي يتغير هو اتجاه السرعة وليس مقدارها

من 2/ **علل مايلي :**

(1) التوازن على الدراجة المتحركة اسهل من التوازن على دراجة واقفة .

ج / الدراجة المتحركة يعني لها سرعة وبذلك فانها تمتلك استمرارية دورانية اي كبر عزم قصورها الذاتي $I = mr^2$ لذلك فانها تمتلك زخم زاوي كبير $L = I\omega$ اثناء دورانها فتتمكن العجلة من التقلب على العزوم الخارجية (وزن الدراجة ووزن الراكب) المؤثرة فيها لذا تحافظ الدراجة على الدوران وبسرعة زاوية ثابتة الاتجاه تقريباً .

(2) **يمكن لجسم ان يمتلك زخماً زاوياً على الرغم من ان الدفع الزاوي المؤثر فيه يساوي صفراً ؟**

ج / لأنه عندما تكون السرعة الزاوية ثابتة فالتغير بالزخم الزاوي يساوي صفراً

(التغير بالزخم الزاوي = عزم القصور الذاتي \times التغير بالسرعة الزاوية)

$$\Delta L = I\Delta\omega$$

(3) يمد الشخص ذراعه (أو يحمل بيده ساقاً أفقية) عندما يمشي على حبل أفقي مشدود.

ج / لكي يزداد عزم القصور الذاتي ($I = mr^2$) أي يحافظ على حالته الحركية.



المسائل

س1/ بدأت سيارة الحركة من السكون وكان قطر كل عجلة من عجلاتها 80 cm وتسارعت بانتظام فبلغت سرعتها 20 m/s خلال (25s) فما

(1) التعجيل الزاوي لكل عجلة .

(2) عدد الدورات التي تدورها كل عجلة خلال تلك الفترة

الحل/ نحول السرعة من خطية الى زاوية

$$(1) \omega_2 = \frac{v}{r} = \frac{20}{0.4} = 50 \text{ rad/sec}$$

$$\omega_2 = \omega_1 + \alpha t$$

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} = \frac{50 - 0}{25} = 2 \text{ rad/s}^2$$

$$(2) \omega_2 = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{r}$$

$$50 = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{25}$$

$$1250 = 2\pi \times \text{عدد الدورات}$$

$$\frac{1250}{2\pi} = \text{عدد الدورات} \Rightarrow \frac{625}{\pi} = \frac{625}{\frac{22}{7}} = \frac{7 \times 625}{22}$$

$$\text{دورة} = 99.43 = \text{عدد الدورات}$$

$$(2) \theta = \omega_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\theta = 0 + \frac{1}{2} \times 2 \times 25^2$$

$$\theta = 625 \text{ rad/s}$$

$$\text{عدد الدورات} = \frac{625}{\pi} = \frac{625}{\frac{22}{7}} = \frac{7 \times 625}{22}$$

$$\text{دورة} = 99.43 = \text{عدد الدورات}$$

س2/ عجلة تدور بسرعة زاوية منتظمة اثر فيها عزم مضاد فتوقف عن الدوران بعد ان دارت (50rev) خلال (10s) ما مقدار .

(a) سرعتها الزاوية الابتدائية (b) التعجيل الزاوي .

$$(a) \theta = (2\pi) (\text{nu. rev})$$

$$\theta = 2\pi \times 50 = 100\pi \text{ rad}$$

$$\theta = \frac{\omega_1 + \omega_f}{2} \times t$$

$$100\pi = \frac{\omega_1 + 0}{2} \times 10 \Rightarrow \omega_1 = 20\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega_1 = 20 \times 3.14 = 62.8 \text{ rad/s}$$

$$(b) \alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

$$= \frac{0 - 62.8}{10}$$

$$= -6.28 \text{ rad/s}^2$$

الاشارة السالبة تعني

التعجيل تباطؤ

س3/ قرص نصف قطره (0.6m) وكتلته (80Kg) يدور بسرعة (3600rev/min)

فما مقدار العزم المؤثر في القرص لايقافه عن الدوران خلال 20s

الحل/

$$I = \frac{1}{2}mr^2 \text{ للقرص}$$

$$I = \frac{1}{2} \times 80 \times (0.6)^2 = 40 \times 0.36 = 14.4 \text{ Kg.m}^2$$

$$\tau = I\alpha \rightarrow \alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{t} = \frac{2\pi \times 3600}{60} = 120\pi \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{0 - 120\pi}{20} = -6\pi \text{ rad/s}^2 \text{ الاشارة السالبة تعني ان التعجيل تباطؤ حيث العزم عكس دوران القرص}$$

$$\tau = 14.4 \times (-6\pi) = 14.4 \times (-6 \times 3.14) = 271.296 \text{ N.m}$$

س4/ عجلة قطرها 0.72 m وعزم قصورها الذاتي 4.8 Kg.m² اثرت في حافتها قوة مماسية

مقدارها 10 N فبدات الحركة من السكون فما

(1) التعجيل الزاوي (2) معدل القدرة الدورانية الناتجة من الشغل الزاوي المبذول خلال 4S .

الحل/

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r} = I\alpha$$

$$10 \times 0.36 = 4.8 \times \alpha$$

$$\alpha = \frac{10 \times 0.36}{4.8} = \frac{3}{4} = 0.75 \text{ rad/s}^2$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\tau \times \theta}{t}$$

$$\theta = \omega_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 0.75 \times (4)^2 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 16 = 6 \text{ rad}$$

$$P = \frac{W_{\text{Rot}}}{t} = \frac{\tau \times \theta}{t} = \frac{F \times r \times \theta}{t} = \frac{3.6 \times 6}{4} = 5.4 \text{ Watt}$$

س5/ قرص عزم قصوره الذاتي 1 Kg.m² كان يدور بسرعة زاوية منتظمة اثر فيه عزم مماسي

مضاد فاقفه عن الدوران بتعجيل زاوي منتظم بعد 4s فكان الشغل الزاوي المبذول 200 J

فما مقدار العزم المؤثر المضاد .

الحل/

الشغل الدوراني $\Delta =$ الطاقة الحركية الدورانية

$$W = \frac{1}{2} I (\omega_2^2 - \omega_1^2)$$

$$-200 = \frac{1}{2} I (0 - \omega_1^2) \rightarrow -400 = \omega_1^2$$

$$\omega_1 = 20 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} = \frac{0 - 20}{4} = -5 \text{ rad/s}^2$$

$$= I\alpha \rightarrow = 1 \times -5 = -5 \text{ N.m} \text{ العزم المؤثر المضاد}$$

س6/ كرة صلبة كتلتها 0.5 Kg ونصف قطرها 0.2 m تدرجت من السكون من قمة سطح مانل

خشن ارتفاعه الشاقولي 7 m بدرجة صفره بمقدار الطاقة الحركية الكلية في اسفل السطح

$$I = \frac{2}{5}mr^2$$

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$I = \frac{2}{5}mr^2$$

الحل / لدينا العلاقة :

$$I = \frac{2}{5}mr^2 = 0.4 \times 0.5 \times (0.2)^2$$

$$I = 0.4 \times 0.5 \times 0.04 = 8 \times 10^{-3} \text{ Kg.m}^2$$

$$mgh = (KE)_{\text{total}}$$

$$mgh = (KE_T)_f + (KE_{\text{Rot}})_f$$

$$mgh = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$mgh = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}mr^2\right)\frac{V^2}{r^2}$$

$$V = \sqrt{\frac{10}{7}gh} = \sqrt{\frac{10}{7} \times 10 \times 7} = \sqrt{100}$$

$$V = 10 \text{ m/s}$$

$$\omega = \frac{V}{r} = \frac{10}{0.2} = 50 \text{ rad/s}$$

$$(KE_T)_f = mV^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 10^2$$

$$(KE_T)_f = 25 \text{ J}$$

$$(KE_{\text{Rot}})_f = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 0.008 \times (50)^2$$

$$(KE)_{\text{total}} = (KE_T)_f + (KE_{\text{Rot}})_f$$

$$= 25 \text{ J} + 10 \text{ J}$$

$$(KE)_{\text{total}} = 35 \text{ J}$$

طاقاتها الحركية الكلية اسفل السطح المائل

التحقيق :

$$PE_g = (KE)_{\text{total}}$$

$$(KE)_{\text{total}} = mgh$$

$$= 0.5 \text{ Kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{Kg}} \times 7 \text{ m}$$

$$= 35 \text{ N.m}$$

$$(KE)_{\text{total}} = 35 \text{ J}$$

واجبات اضافية

س1/ ما الانطلاق الخطي الثابت لسيارة اذا كان نصف قطري من عجلاتها 35 cm وتكمل 10 دورات

في الثانية الواحدة. ج/ $22 \frac{m}{s}$

س2/ ساعد جدراية كبيرة طول عقرب الدقائق فيها 1.8 m أحسب:

1- السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي لعقرب الثواني ج/ $(\frac{\pi}{30} \frac{rad}{sec}, 0)$

2- السرعة الخطية والتعجيل المركزي لنقطة تقع على الطرف الحر لعقرب الدقائق

ج/ $(3.14 \times 10^{-3} \frac{m}{s}, 5.48 \times 10^{-6} \frac{m}{s^2})$

س3/ قرص يدور بسرعة زاوية $\frac{r}{sec}$ 120 تزداد سرعته بانتظام حتى تصل $660 \frac{rev}{min}$ خلال 9sec أحسب:

1- التعجيل الزاوي للقرص ج/ $(2\pi \frac{rad}{sec^2})$

2- التعجيل الخطي لنقطة تبعد 14 cm عن مركزه ج/ $(0.88 \frac{m}{s^2})$

س4/ تحرك جسيم من السكون بمسار دائري بتعجيل زاوي منتظم $(22 \frac{rad}{sec^2})$ كم تبلغ سرعته

الزاوية بعد 20 sec وما عدد الدورات التي يدورها خلال تلك الفترة ج/ $(440 \frac{rad}{sec}, 700 rev)$

س5/ جسيم يدور على مسار دائري بسرعة زاوية $900 \frac{rev}{sec}$ يتباطأ بانتظام حتى تصل سرعته 300

$\frac{rev}{sec}$ خلال (50 rev) احسب التعجيل الزاوي والزمن ج/ $(-4\pi \frac{rad}{sec^2}, 5 sec)$

س6/ عجلة تدور بسرعة زاوية $(10 \frac{rad}{sec})$ اثر عليها عزم مدور فتغيرت طاقته الحركية الدورانية من

(100J) الى (292J) بعد ان دارت $(\frac{12}{\pi} rev)$ فما مقدار ذلك العزم؟ وما الزخم الزاوي للعجلة

بعد (1 sec) من تأثير العزم؟ ج/ $(8 N.m, 28 kg \frac{m^2}{s})$

س7/ كرة وحلقة تتدحرجان على سطح أفقي خشن (بدون انزلاق) وصلتا الى أسفل مائل خشن

((بنفس السرعة)) الخطية لمركزي ثقليهما فصعدتا بدون انزلاق ووصلت الكرة الى ارتفاع 7m

وتوقفت، فما الارتفاع الذي تصله الحلقة حتى تقف؟ ج/ (10 m)

الفصل السابع

الحركة الاهتزازية والموجية والصوت

Wave and Vibration Motion and Sound

الحركة الدورية :



هي الحركة التي تعيد نفسها مراراً وتكراراً بفترات زمنية منتظمة حول موضع استقرارها. مثل حركة بندول ساعة جدارية - حركة اوتار آلة موسيقية - حركة ارجوحة اطفال - حركة بندول بسيط - حركة ثقل معلق بطرف نابض .

الحركة الاهتزازية :

هي حركة الجسم ذهاباً واياباً حول موضع استقراره في فترات زمنية متساوية وهي حالة خاصة من الحركة الدورية.

موضع الاستقرار : هي النقطة التي يتزن فيها الجسم المهتز عندما يكون ساكناً فيها.

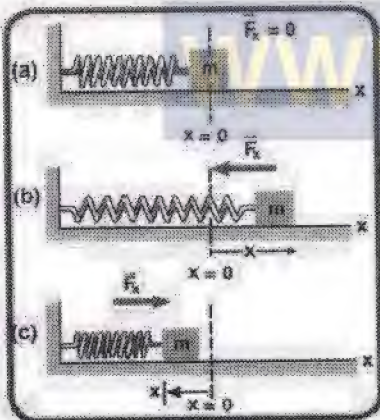
س/ ماهي الشروط لتوليد واستمرار الحركة الاهتزازية .

ج / (1) مصدر مجهز للطاقة . (2) الاستمرارية . (3) قوة معيدة .

س/ متى تتلاشى سعة الاهتزاز .

ج / عندما يكون هناك قوى مبدده للطاقة (مثل قوى الاحتكاك مع الوسط الذي تهتز فيه)

الحركة التوافقية البسيطة / وهي حالة خاصة من الحركة الاهتزازية



حركة الجسم كتلته (m) مربوط بنابض محلزن والطرف الآخر للنابض مثبت بجدار والكتلة (m) ساكنة في موضع استقرارها بالازاحة (X = 0)

فعندما تؤثر قوة سحب F في هذه الكتلة فانها ستزيحها ازااحة مقدارها X نحو اليمين عن موضع استقرارها وبهذا قد تم انجاز شغل مخزون على شكل طاقة كامنة للمرونة في النابض وبالمقابل فان النابض سيؤثر بقوة F_x

(قوة مرونة النابض) على كتلة m تحاول ارجاعها الى موضع استقرارها . ومن قانون نيوتن الثالث فان قوة المرونة تساوي القوة المؤثر F بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه .

ان قوة مرونة النابض تسمى (بالقوة المعيدة) . ونفس الشيء سيحدث لو كبس النابض بقوة F القوة المعيدة

لنابض يعبر عنها بقانون هوك وكما ياتي (spring constant \times displacement) $F = -KX$

$$F_{res} = -KX$$

حيث F_{res} = القوة المعيدة تقاس بـ (Newton)

K = ثابت النابض تقاس (N/m)

X = الازاحة تقاس (بـ meter)

س/ علام يعتمد مقدار القوة المعيدة في النابض؟

ج / من خلال العلاقة $F_{res} = -kx$

فانه يعتمد على (1) ثابت مرونة النابض k

(2) الازاحة المقطوعة عن موضع استقراره x

س/ على ماذا تدل الاشارة السالبة للقوة المعيدة في النابض؟

ج / تدل على ان اتجاه القوة المعيدة هو عكس اتجاه الازاحة المقطوعة.

س/ ماهي القوة المعيدة .

ج / هي القوة التي تعيد الجسم الى موضع استقراره عندما يبتعد عنها .

س/ ما سبب تولد القوة المعيدة في الحركة الاهتزازية؟

ج / غالباً ما تكون ناتجة عن قوة المرونة للجسم المهتز كما هو الحال في اهتزاز جسم معلق بنابض او الاوتار المهتزة.

او تكون ناتجة من المركبة الافقية للوزن كما في حال حركة البندول البسيط.

ملاحظة / (1) عندما يكون الجسم في موضع استقراره فان القوة المعيدة تساوي صفر ..

(2) القوة المعيدة تتناسب طردياً مع الازاحة وباتجاه معاكس لها . (الاشارة سالبة)

(3) عند اهمال قوة الاحتكاك فان الكتلة ستتحرك يمينا ويسارا بالسعة نفسها

وعليه فان الحركة التوافقية البسيطة / هي حركة اهتزازية على خط مستقيم تتناسب فيها القوة المعيدة

والتعجيل الناتج عنها طردياً مع الازاحة الحاصلة للجسم المهتز عن موضع استقراره وباتجاه معاكس لها .

$$\vec{F}_{res} \propto -\vec{x} \Rightarrow \vec{a}_T \propto -\vec{x}$$

س/ هل ان كل حركة الاهتزازية هي حركة توافقية بسيطة؟

ج / كلا الا اذا كان مسارها على خط مستقيم.

س/ هل كل حركة توافقية بسيطة هي حركة اهتزازية؟

ج / نعم لانها تتكرر بفترات زمنية منتظمة ذهاباً واياباً.

س/ كيف تمثل بنشاط الحركة التوافقية البسيطة بيانياً .

ادوات النشاط / جسم كتلته (m) ، نابض محلزن ، قلم يتحرك على

شريط ورقي بياني ملفوف حول اسطوانة محورها شاقولي كما في الشكل .

خطوات النشاط /

(1) نربط الكتلة m في الطرف الحر للنابض ثم نثبت قلم رصاص صغير

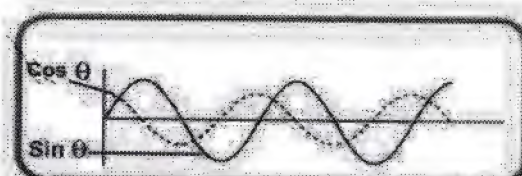
بالكتلة بحيث يلامس رأسه شريطاً بيانياً ورقياً

(2) اسحب الكتلة بقوة الى الاسفل واتركها تتحرك بحرية حركة عمودية ثم دور الاسطوانة لكي ينسحب الشريط البياني

افقياً سيظهر على الورقة التمثيل البياني للحركة التوافقية البسيطة والذي يشبه منحنى الجيب

$(\sin \theta)$ او منحنى جتا $(\cos \theta)$

ملاحظة / ان كل حركة دورية تمثل بمنحنى الجيب هي حركة توافقية بسيطة $X = A \sin \theta$.



θ = الازاحة الزاوية .

A = سعة الموجة .

X = الازاحة .

تعريف /

(1) الزمن الدوري (T period) حيث $T = \frac{\text{زمن عدة دورات}}{\text{عدد الدورات}}$ ويعرف بأنه هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز لأكمال ذبذبة واحدة

(2) التردد (frequency) : ويعرف بأنه عدد الاهتزازات التي يهتزها الجسم في الثانية الواحدة ويقاس بوحده الهيرتز (HZ) (ذبذبة / ثا) .

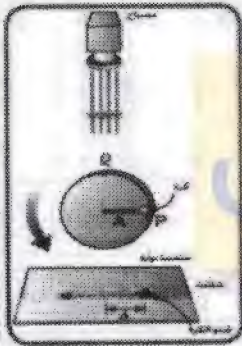
(3) الهيرتز : هو تردد الجسم المهتز الذي يكمل ذبذبة واحدة في الثانية

$$\text{ان العلاقة بين } f, T \text{ هو } f = \frac{1}{T}, \quad T = \frac{1}{f}$$

(4) **الهزة الكاملة** هي حركة الجسم المهتز عند مروره بنقطة معينة على مسار حركته مرتين متتاليتين وبالاتجاه نفسه.

(5) **سعة الاهتزاز** هي اعظم ازاحة للجسم المهتز عن موضع استقراره .

ملاحظة / سعة الاهتزاز هي طاقة الاهتزاز التي يمتلكها الجسم المهتز .

العلاقة بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة /

كرة صغيرة موضوعة على قرص يدور حركة دورانية منتظمة (بسرعة زاوية منتظمة ω) بحيث يسقط ضوء على الكرة ليسقط ظلها شاقولياً على شاشة افقية موضوعة تحت القرص نلاحظ ان ظل الكرة على الشاشة في مواقع مختلفة ويتخذ شكل موجة جيبية اي يتحرك الى الامام والخلف بحركة توافقية بسيطة . وكل حركة دورية يمكن تمثيلها بمنحني الجيب تعتبر حركة توافقية بسيطة $X = A \sin \theta$.

س / هل الحركة الدائرية المنتظمة هي حركة دورية؟ وما وحدة قياسها؟

ج / نعم هي عدد الدورات في وحدة الزمن وتقاس بوحدة $\frac{\text{rev}}{\text{sec}}$ وتساوي (Hz) ويسمى يتردد الدوران $f = \omega = \frac{\text{rev}}{\text{sec}}$

البندول البسيط Simple pendulum /

هو كرة معلقة بنهاية خيط طوله (L) مهمل الوزن وغير قابل للاستطالة ومثبت طرفه الآخر بنقطة ثابتة (O) . نسحب الكرة جانباً ونتركها تهتز ذهاباً واياباً حول نقطة معينة تسمى موضع الاستقرار وبافتراض ان الازاحة صغيرة والزاوية التي يصنعها الخيط لاتتعدى 5° فان حركة الكرة هذه هي حركة توافقية بسيطة حيث تنتقل من a الى C الى b ثم تعود الى C ثم الى a وتكون قد تمت هزة كاملة

س / متى تعد حركة البندول حركة توافقية بسيط؟

ج / عندما يضع الخيط زاوية مقدارها 5° مع الشاقول.

ملاحظة /

(1) ان قوة الشد T للخيط لاتؤثر على الحركة لانها عمودية على القوس .

(2) ان المركبة المماسية لوزن الكرة $mg \sin \theta$ هي التي تسبب الحركة الاهتزازية للبندول وتسمى بالقوة المعيدة F_{res} .

$$\vec{F}_{\text{res}} = -mg \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{X}{L}$$

$$\vec{F}_{\text{res}} = -mg \frac{X}{L} \quad \text{----- (1)}$$

(3) الاشارة السالبة تعني ان اتجاه القوة المعيدة عكس اتجاه الازاحة .



(4) ان القوة المعيدة F_{res} تشبه القوة المحركة في قانون هوك لنظام (نابض - جسم)

نعوض (2) في (1) (قانون هوك) (2) $F_{res} = -KX$

(3) $-KX = -mg \frac{X}{L} \Rightarrow K = \frac{mg}{L}$

ومن معادلة الزمن الدوري للحركة التوافقية البسيطة $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

نعوض قيمة K من معادلة (3) في معادلة الزمن الدوري $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{mg/L}}$

حيث L طول الخيط $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

g التعجيل الارضي للجسم الساقط سقوط حر

T الزمن الدوري

لاحظ ان الزمن الدوري لايعتمد على كتلة ثقل البندول ولكنه يعتمد على طول البندول وتعجيل الجاذبية .

س/ هل تكون مدة ذبذبة بندول بسيط او نابض يهتز بسعة كبيرة أكبر أم أصغر؟

ج / لا تختلف لان زمن الذبذبة لا يعتمد على سعة الاهتزازية.

مثال 1/ ساعة بندوليها طول خيطها 1m احسب الزمن الدوري لها اذا كان بندولها بتأرجح ذهابا وايابا بحركة

توافقية بسيطة علما ان $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

الحل/ (معادلة الزمن الدوري للبندول) $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

$T = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{1\text{m}}{9.8 \text{ m/s}^2}} = 2 \times 3.14 \times \frac{1}{3.14}$

$T = 2 \text{ sec}$

علل/ عندما يتحرك البندول حركة توافقية بسيطة فإن الطاقة المنظومة محفوظة؟

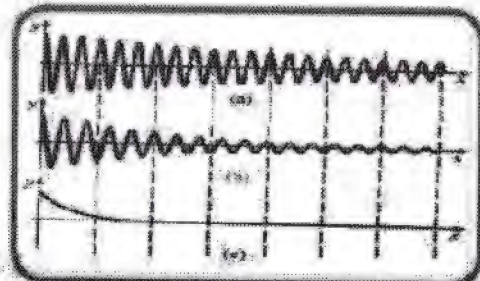
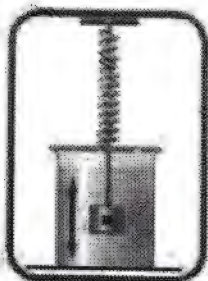
ج / لان عندما يقطع البندول اعظم أراحة عن موضع استقراره فإنه يمتلك أعظم طاقة كامنة ويتحول هذه الطاقة

الكامنة الى طاقة حركية عند موضع استقراره ومن ثم تتحول الطاقة الحركية الى طاقة كامنة مره اخرى عند

الجانب الاخر من موضع استقراره.

الحركة التوافقية المضمحلة هي الحركة الاهتزازية التي تقل فيها سعة اهتزاز الجسم باستمرار حتى تتلاشى

نتيجة وجود قوة احتكاك التي تسبب ضياع في الطاقة الحركية للجسم المهتز، كما في الشكل



س/ ما الذي يتطلب لكل يهتزازي نظام لفترة معينة من الزمن؟

ج / تزويده بالطاقة باستمرار لتعويض الطاقة المفقودة خلال كل ذبذبة وذلك ببذل شغل ضد قوى الاحتكاك كما في حالة دفع أرجوحة الاطفال باستمرار لتزويد النظام بما يخسره من الطاقة.

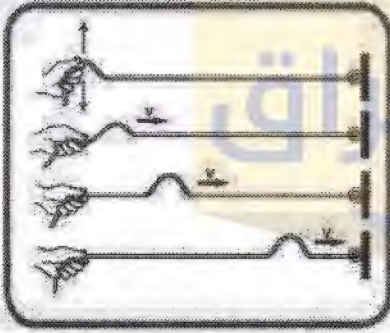
س/ ماهي فوائد الاهتزاز المضمحل.

ج / الاهتزاز المضمحل له فوائد عملية تطبيقية فمثلاً في منظومة امتصاص الصدمات في السيارة تقوم (الدبلات) ماصه الصدمات الموجودة بمنتصفها بتخميد الاهتزازات الناتجة من مرور السيارة على مطبات الطريق .

الحركة الموجية Wave motion

هي اضطراب ناتج من مصدر طاقة وتعد وسيلة لنقل الطاقة. من الظواهر الموجية هي :

- (1) عند سقوط حجر في ماء ساكن تكون الموجات الناقلة للطاقة على شكل دوائر متحدة المركز .
- (2) النغمات الموسيقية التي تصدر من الآلات الموسيقية هي موجات .
- (3) الصورة والصوت في التلفزيون هي موجات .
- (4) حركة الموجات الزلزالية الناقلة للطاقة الى سطح الارض هي موجات .



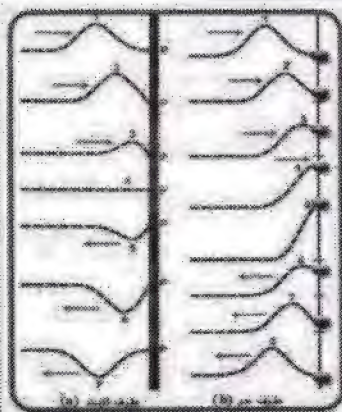
النبضات في وتر Pulsed in a string

وتر مثبتة نهايته بحائط ونحرك طرفه الآخر باليد وبسرعة كبيرة للأعلى والأسفل فإنه سيولد اضطراب (نبضة) وتنتقل هذه النبضة الى اجزاء الوتر جميعها ناقلة الطاقة (الكامنة والحركية) دون ان تنتقل جزيئات الوسط (الوتر) .

ان سرعة النبضة $\vec{V} = \frac{X}{t}$ حيث X الازاحة ان كل جسيم في الوتر يهتز

حركة توافقية بسيطة الى الاعلى والاسفل ويسمى اقصى ازاحة للجزيئات عن موضع استقرارها (بسعة النبضة)

ان انطلاق الموجة في الوتر يعتمد على قوة الشد في الوتر T وعلى الكثافة الطولية (μ) (تقرأ ميو) حيث $\mu = \frac{m}{L}$



$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{m/L}}$$

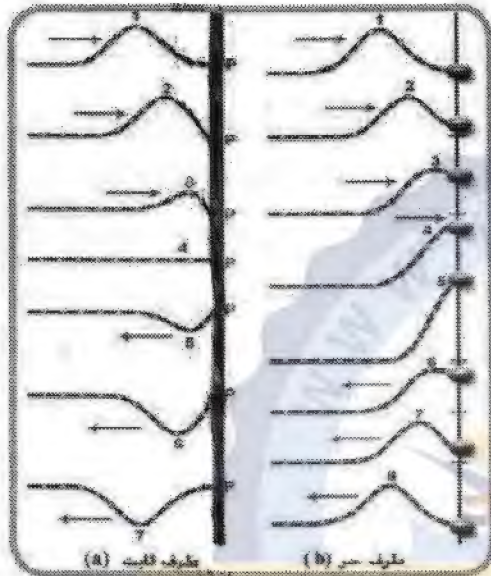
وهي كتله وحده الطول وتقاس بوحده $\left(\frac{Kg}{m}\right)$

ان الطول الموجي λ (لدا) : هو البعد بين كل قمتين متتاليتين او قعرين متتاليين وأن T زمن الدورة الواحدة : هو الزمن اللازم لاهتزاز اي نقطة في مسار الموجة دورة واحدة.

$$f = \frac{1}{T}, \quad v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = v.T$$

ملاحظة /

- (1) العلاقة اعلاه تصلح لأي موجة .
- (2) تردد الموجة هو نفسه تردد المصدر المولد له .
- (3) سرعة الموجة يتوقف مقدارها على خواص الوسط الذي تنتقل فيه (مرونة وكثافة) .

انعكاس الموجة /

عند توليد موجة (نبضة) في طرف وتر وطرفه الآخر مثبت في حاجز او حائط فان النبضة ستنتقل الى الحاجز (الحائط) خلال الوتر نحو اليمين وتؤثر على الحائط بقوة (فعل) نحو الاعلى فان الحائط سيؤثر على الوتر بقوة رد فعل مساوية له بالمقدار ومعاكسه له بالاتجاه نحو الاسفل تسبب في حركة الوتر نحو الاسفل فينخفض عن موضع استقراره وتنعكس النبضة (القمة تنعكس قعرأ والقعر ينعكس قمة) بفرق طور مقداره (180°) عن النبضة الساقطة اما اذا كان الوتر حراً في ان يتحرك الى الاعلى والى الاسفل عند هذا الطرف فان الموجة لا تنقلب في الطور ولكنها تنعكس (لا يحدث فقدان طاقة عند الطرف الحر) . وعليه نقول النبضة الموجية تنقلب بالانعكاس عند النهاية الثابتة ولكنها تنعكس دون انقلاب عند النهاية الحرة .

س / ماذا يحصل للنبضة وتر مشدود المنعكسة عن حاجز ثابت؟ ولماذا؟

ج / يحصل لها انقلاب في الطور (180°) فالنبضة الساقطة (قمة) تنعكس قعرأ وبالعكس. كما في الشكل (a) والسبب/ لان النبضة الساقطة ستؤثر بقوة على الحاجز الثابت والحاجز سيؤثر بقوة رد فعل مساوية لها بالمقدار ومعاكسة بالاتجاه الى الاسفل مولداً نبضة معاكس للنبضة الساقطة.

س / ماذا يحصل للنبضة لوتر مشدود المنعكسة عن حاجز حر؟ ولماذا؟

ج / لا يحصل لها انقلاب في الطور (0°) فالنبضة الساقطة (قمة) تنعكس قمة كما في الشكل (b) والسبب لان النبضة الساقطة سوف تؤثر بقوة للطرف الحر فيتتحرك بأكبر ازاحة نحو الاعلى ثم يعود الى موضع استقراره مولداً نبضة منعكسة طورها مشابه للنبضة الساقطة.

مثال 2 / وتر جيتار كتلته 20g وطوله 60cm مامقدار قوة الشد اللازمة في الوتر لكي تكون السرعة للموجة فيه 30m/s .

$$V = \sqrt{\frac{T}{m/L}} \Rightarrow T = \frac{mV^2}{L} \Rightarrow T = \frac{\frac{20}{1000} \times (30)^2}{\frac{60}{100}} = \frac{0.02 \times 900}{0.6} = 30 \text{ N} \quad \text{الحل/}$$

مثال / ما انطلاق موجة تسري في وتر مشدود بقوة 64N اذا كان كتلة 2m منه تساوي 320g؟

$$m = \frac{320}{1000} = 0.32 \text{ kg} \quad \text{الحل/}$$

$$V = \sqrt{\frac{T}{m/L}} = \sqrt{\frac{T.L}{m}} = \sqrt{\frac{64 \times 2}{0.32}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

مثال / وتر في آلة موسيقية، كثافته الطولية تساوي $(0.02 \frac{kg}{m})$ فإذا كانت قوة الشد في الوتر تساوي 8N جد:
1- انطلاق الوجه في الوتر
2 - إذا كان طول الوتر يساوي (70cm) فما هي كتلة الوتر؟

الحل /

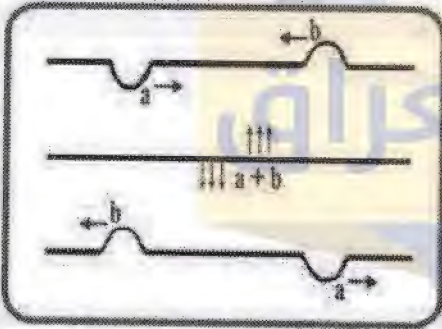
$$(1) \quad v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{8}{0.02}} = \sqrt{\frac{8}{0.02}} = 20 \text{ m/s}$$

$$(2) \quad \mu = \frac{m}{L} \rightarrow 0.02 = \frac{m}{70 \times 10^{-2}}$$

$$m = 70 \times 10^{-2} \times 0.02 = 0.014 \text{ kg}$$

مبدأ التراكب Principle of superposition

معنى التراكب بشكل مبسط هو الجمع . ضوء الشمس يتكون من سبعة ألوان أي سبعة أطوال موجية متراكبة مع بعضها تعطي اللون الأبيض . وعدة أصوات تلتقي وتعطي حركة موجية واحدة تسمى هذه الظاهرة بمبدأ تراكب الموجات .

التوضيح /

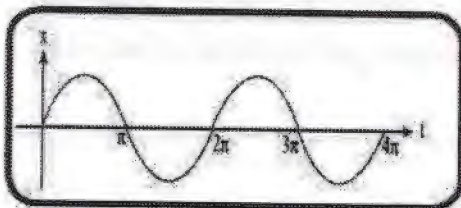
نبضتان تتحركان خلال نقطة في وتر فإن الازاحة المحصلة في نقطة الالتقاء تساوي مجموعهما الاتجاهي . فالموجتان المتعاكستان بالاتجاه يتحركان في وتر واحد عند التقائهما في نقطة نحصل على نبضة محصلة . وكل منهما ستستمر في مسارها الأصلي بغض النظر عن وجود الأخرى . أن التقاء هذه النبضات يسمى (مبدأ التراكب) كذلك عندما تتحرك نبضتان خلال نقطة في وتر فإن سعة النبضة المحصلة في تلك

النقطة تساوي مجموع السعتين للنبضتين في الوتر في تلك النقطة . إذا انتقلت نبضتان باتجاهتين متعاكسين (الأولى يمين والثانية يسار) لهما نفس السعة . فرق الطور بينهما 180° فإن محصلة الازاحة للوتر في تلك النقطة تساوي صفر لأن الموجتين تلاشي كل منهما الأخرى . وأن نقطة الالتقاء هذه تسمى (بالعقدة) ومن ثم تعود النبضات في مسارها الأصلي .

تراكب الموجات / هي اتحاد موجتين أو أكثر بحيث ينتج من اتحادهما موجة جديدة سعتها أو طاقتها تساوي مجموع سعة كل من الموجتين المتراكبتين .

الموجات الدورية / (تمتاز)

- (1) هي موجات تعيد نفسها بفترات زمنية منتظمة .
 - (2) لها شكل الموجة الجيبية .
 - (3) يمكن تمثيلها بمنحني الجيب أو منحني الجيب تمام (مثل موجة الماء وموجة الضوء) لاحظ الشكل اعلاه .
- أن الحركة الاهتزازية لجسيمات الوسط المهتز هي حركة توافقية بسيطة عمودية على اتجاه الموجة وتمثل شكل موجة جيبية توصف الموجات الدورية بثلاثة كميات هي :

(أ) انطلاق الموجة (v)(ب) طول الموجة (λ)(ج) تردد الموجة (f) وتربطهم العلاقة التالية .

$$v = f \lambda$$

$$\text{Wave Speed} = \text{Frequency} \times \text{Wave length}$$

مثال 3 / رادار يرسل موجات راديوية بزمن 0.08s ويتردد 9400 MHz اذا علمت ان سرعة الموجات

الراديوية $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. جد (a) الطول الموجي (b) عدد الموجات

الحل /

$$(1) \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{9.4 \times 10^9 \text{ Hz}} = 3.19 \times 10^{-2} \text{ m}$$

حيث f هو التردد ، λ الطول الموجي ، c سرعة الضوء

$$(2) \quad n = ft \text{ عدد الموجات}$$

$$n = (9.4 \times 10^9) (8 \times 10^{-2})$$

$$n = 75.2 \times 10^7 \text{ wave}$$

في الموجة الواحدة $n = 1$

$$T \times f = 1, \quad T = \frac{1}{f}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

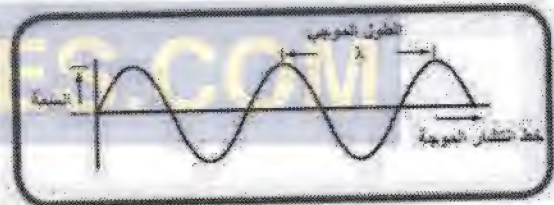
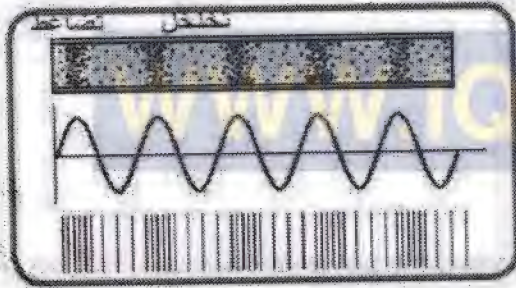
انواع الموجات Kinds of waves

نقسم الموجات حسب اتجاه الحركة الاهتزازية لجسيمات الوسط الى اتجاه انتشار الموجة الى .

الموجات المستعرضة trans verse waves الموجات الطولية longitudinal wave

1- تهتز فيه جسيمات الوسط باتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة .
1- تهتز فيه جسيمات الوسط باتجاه موازي لاتجاه انتشار الموجة .

2- يمكن تمثيلها بشكل منحنى الجيب (Sine) او الجيب تمام (cosine)
2- يمكن تمثيلها بشكل خطوط مستقيمة متقاربة (التضاغط) او متباعدة (التخلخل) او بشكل منحنى الجيب ويسمى بمنحنى التضاغط والتخلخل.



3- تنتقل بشكل سلسلة من القمم والقعر.
3- تنتقل بشكل سلسلة من التضاغط والتخلخل.
4- تكون ميكانيكية تنتقل خلال الاوساط المرنة مثل الاجسام الصلبة او السطوح الحرة للسوائل (موجة البحر) او تكون كهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ مثل الضوء.
4- تكون ميكانيكية فقط تنتقل خلال أي وسط ناقل مثل الصلب والسائل والغازية مثل الصوت.

س / عرف انطلاق الموجة وما هي العوامل التي يعتمد عليها انطلاق الموجة ؟

ج / هي المسافة التي تبعد فيها قمة الموجة او قعرها او مركز تضاغطها او مركز تخلخلها عن مركز التمدوج في

الثانية الواحدة وبحسب من القانون التالي $V = f\lambda$ وحدته m/sec

ويعتمد انطلاق أي موجة على : (1) نوع الموجة (2) طبيعة الوسط الناقل من حيث مرونة وكثافته .

س/ على ماذا يعتمد انطلاق الموجة الطولية في الاوساط المختلفة .**ج /** يعتمد : (1) معامل المرونة β ويتناسب طردياً مع الجذر التربيعي له .(2) الكثافة الكتلية للوسط ρ ويتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي له ρ ، β بيتا**الزلازل /** هي موجات ثلاثية الابعاد تحت سطح الارض متكونة من نوعين من الموجات (موجة مستعرضة وموجة طولية) وتمتاز بالسعة والطاقة كبيرتان.**الصوت Sound**

هو شكل من اشكال الطاقة ينتقل من نقطة الى اخرى على شكل موجات طولية في الوسط المادي تصل الأذن وتسبب السمع . تستطيع الأذن البشرية تحسس الموجات الصوتية من التردد 20 هرتز إلى التردد 20000 هيرتز .

س/ ماهي شروط تولد الصوت وانتقاله .**ج /** (1) وجود مصدر مهتز بتردد مناسب يولد الصوت .

(2) وجود وسط مادي ينقل الصوت لأن الصوت موجات ميكانيكية تحتاج الى وسط مادي لانتقالها

ولا تنتقل بالفراغ .

كيفية توليد الصوت

الجسم المهتز ينجز شغلاً على جسيمات الوسط المجاور له فيكسبها طاقة مولداً فيها تضاعط وبانعكاس اتجاه الحركة للجسم المهتز يعتمد الهواء مولداً تخلصاً وبأستمرار اهتزاز الجسم تتولد سلسلة من التضاعطات والتخلصات تنتقل معها الطاقة الى الاذن فتتولد الاحساس بالصوت.

انطلاق الصوت

الصوت موجات ميكانيكية طولية انطلاقها في الوسط المادي يعتمد على خواص ذلك الوسط في المرونة والكثافة . أن انطلاق الصوت في المواد الصلبة اكبر من انطلاقه في المواد السائلة وانطلاقه في السوائل اكبر من انطلاقه في

الغازات انطلاق الصوت في الاجسام الصلبة يعطى بالعلاقة التالية

حيث V_s = انطلاق الصوت . Y معامل يونك . ρ تمثل كثافة الوسط .**مثال /** اذا طرق احد طرفي ساق من الالمنيوم بواسطة مطرقة فانتشرت عبر الساق موجة طولية احسبانطلاق الصوت في ساق الالمنيوم علما ان معامل يونك (Y) للالمنيوم $7 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ وان كثافةالالمنيوم $2.7 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$.**الحل /** انطلاق الصوت في الالمنيوم $V_s = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = \sqrt{\frac{7 \times 10^{10}}{2.7 \times 10^3}} = \sqrt{25.9 \times 10^6} = 5.1 \times 10^3 = 5091 \text{ m/s}$ **انطلاق الصوت في الغازات**

يعتمد على (1) نوع الغاز (2) درجة الحرارة .

انطلاق الصوت في الهواء /

يعتمد على درجة الحرارة وفي درجة حرارة 0°C فإن سرعة الصوت هي (331 m/s) وعند ارتفاع درجة الحرارة درجة سيليزية واحد يزداد الانطلاق بمقدار 0.6 m/s بحسب انطلاق الصوت في الهواء في أي درجة حراره T بالعلاقة التالية . $V_s = 331 + 0.6 T$ حيث T هي درجة الحرارة .

س علل / انطلاق الصوت يزداد بزيادة نسبة الرطوبة فيه .

ج / لأن زيادة نسبة البخار في الهواء تقلل من كثافة الهواء فيزداد انطلاق الصوت لأن الانطلاق يتناسب عكسياً مع الكثافة

انطلاق الصوت في السوائل /

يعطى بالعلاقة التالية $V_s = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$ حيث β معامل مرونة السائل ، ويقاس بوحده N/m^2 ، ρ كثافة السائل Kg/m^3

مثال 4/ احسب انطلاق الصوت في الماء الذي معامل مرونته $2.1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ وكثافته $1 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$

ج / انطلاق الصوت في الماء $V_s = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} = \sqrt{\frac{2.1 \times 10^9}{1 \times 10^3}} = 1450 \text{ m/s}$

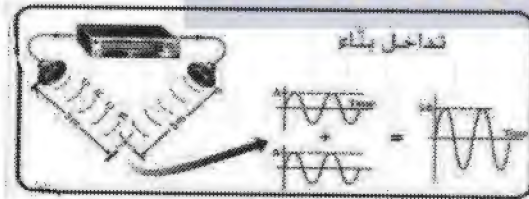
* انطلاق الصوت في الاوساط الصلبة أكبر من السوائل وانطلاق الصوت في السوائل أكبر من الغازات.

تداخل الموجات Interference of wave

هو اتحاد موجتين او اكثر من نوع واحد في وسط واحد وفي وقت واحد .

س / متى يكون التداخل واضح ومستمر .

ج / عند تكون الموجات المتداخلة (بنفس السعة اي بنفس الطور وبنفس التردد) وهذا النوع من التداخل يقسم قسمين

(1) تداخل بناء constructive Interference :

هو تداخل ناتج من التقاء قمة موجة مع قمة موجة اخرى او التقاء قعري الموجتين ويحدث تقوية بين الموجات المتداخلة وفرق الطور بينهما (0°) صفراً.

(2) تداخل هدام destructive Interference :

هو تداخل ناتج من التقاء قمة موجة مع قعر موجة اخرى يدعى هذا التداخل بالتداخل الإتلافي (حيث تلغي الموجات بعضها لان فرق الطور بينهما (180°)).

الرنين Rosonance

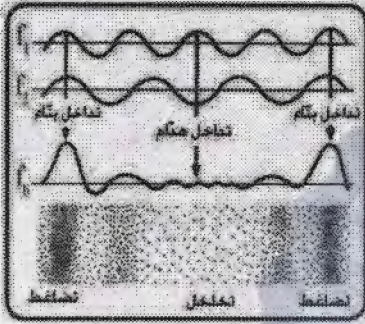
إذا أثرت قوة خارجية دورية في نظام مهتز وكان تردد القوة المؤثرة f يساوي تردد الطبيعي للنظام f_0 اي ان $f=f_0$.

س / ماهي مميزات الجسم المهتز في حالة الرنين .

ج / (1) سعة الاهتزاز باكبر قيمة . (2) تزداد طاقة الجسم المهتز وتصل اكبر قيمة لها .

فكر / لايسمح لمجموعة من الجنود السير على جسر بانتظام .

ج / لأن سير الجنود بنظام سيولد موجات من نوع واحد وبتردد واحد وسعه واحده تتداخل مع بعضها تتداخل بناء يؤدي الى زياده السعة وبالتالي زياده الطاقة والقوة تؤثر على الجسر فتجعله يهتز اضطرارياً فاذا ما تساوي مع التردد الطبيعي للجسر قد يؤدي ذلك الى انهياره.

**الضربات Beats**

هي التغير الدوري في الشدة عند نقطة نتيجة تراكب موجتين لهما ترددان مختلفان اختلافاً صغيراً.

* ان تردد الضربات f_B يساوي الفرق بين ترددي المصدرين

$$f_B = f_1 + f_2 \quad \frac{\text{beats}}{\text{sec}}$$

ب / متى يمكن ادراك ظاهرة الضربات بسهولة؟

ج / (1) ان يكون الفرق بين تردد الموجتين المتداخلتين لا يتجاوز 10Hz.

(2) قدره الأذن البشرية على التمييز لذلك الفرق.

تعليل ظاهرة الضربات:

ان الاختلاف القليل في تردد الموجتين المتداخلتين سيؤدي الى حدوث تغيير تدريجي في فرق الطور بين الموجتين لذلك فإن الموجة الناتجة عن تداخلهما ستكون متغيرة السعة مع مرور الزمن لان التداخل سيتغير بصورة دورية بين التداخل البناء والهدام.

ملاحظة / اذا اهتزت شكوتان رناتان معاً وكانتا مختلفتين بالتردد فإن تردد الصوت المسموع منهما يساوي معدل

$$f = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad \text{تردديهما .}$$

ب / ماهي التطبيقات العملية لظاهرة الضربات في الصوت .

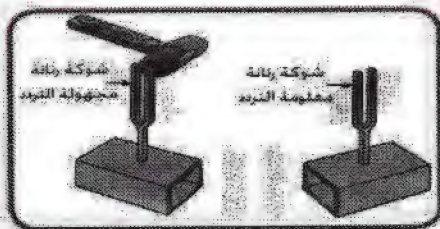
ج / (1) لتعين تردد مجهول لشوكة رنانة بواسطة شوكة رنانة أخرى .

(2) لتعين تردد وتر مشدود في آلة موسيقية .

(3) تنعيم آلات الموسيقى الوترية .

مثال 5 / يراد تعيين تردد شوكة رنانة طرقت بالقرب من أخرى مهتزة بتردد 446 HZ فسمعت منها

7 beats/sec فكم هو تردد الشوكة المجهولة .



$$f_B = f_1 - f_2$$

$$\text{Either } 6 = f_1 - 446$$

$$\therefore f_1 = 453 \text{ Hz}$$

$$\text{OR } 7 = 446 - f_2$$

$$\therefore f_2 = 439 \text{ Hz}$$

الحل /

مثال 1 / طرقت شوكة رنانة ترددها 300Hz مع شوكة رنانة ترددها اقل من تردد الشوكة الاولى بقليل

فسمعت منها 5 beats/sec كم هو تردد الشوكة المجهولة؟

الحل / بما ان تردد الشوكة المجهولة اقل من المعلومة عندها ستكون العلاقة

$$f_B = f_1 - f_2$$

$$5 = 300 - f_2$$

$$f_2 = 295 \text{ Hz}$$

مثال 2 / شوكتان متماثلتان تردد كل منهما 310Hz وضعت حلقة صغيرة في احد فرعي احدهما

فطرفتا فسمعت $5 \frac{\text{beats}}{\text{sec}}$ ما تردد الشوكة المثقلة ؟

الحل /

بما ان تردد الشوكة المثقلة اقل من تردد الشوكة الاولى عندها

$$f_{\beta} = f_1 - f_2$$

$$5 = 310 - f_2 \Rightarrow f_2 = 305 \text{ Hz}$$

مثال 3 / شوكة رنانة مهتزة ترددها 105Hz استعملت لتعيين تردد سلك في بلة موسيقية يهتز

بالتوافيق الاولى (بالتردد الاساسي) فسمعت $5 \frac{\text{beats}}{\text{sec}}$ وعندما زادت قوة الشد في السلك مع بقاء

طوله ثابت تولدت $5 \frac{\text{beats}}{\text{sec}}$ أيضا فكم كان تردد السلك قبل وبعد زيادة قوة الشد؟

الحل /

$$f_{\beta} = f_{\text{fork}} - f_1$$

$$5 = 105 - f_1 \Rightarrow f_1 = 100 \text{ Hz} \quad \text{قبل زيادة قوة الشد}$$

$$f_{\beta} = f_2 - f_{\text{fork}}$$

$$5 = f_2 - 105 \Rightarrow f_2 = 110 \text{ Hz} \quad \text{بعد زيادة قوة الشد}$$

فكر / كيف يمكنك الحصول على ظاهرة الضربات باستعمال شوكتين رنانتين متساويتين بالتردد .

نأخذ شوكتين رنانتين متساويتان بالتردد ونطرق الاثنين معاً فيحصل ظاهرة الرنين نتقل احدهما لتقليل ترددها بشكل صغير ونطرقهما سوياً سنسمع الصوت يعلو مرّة ويخفت مرّة وهذه هي ظاهرة الضربات . نحسب كم مرّة يعلو

الصوت ونقسمه على الفترة الزمنية ينتج لدينا تردد الضربات . $\text{تردد الضربات} = \frac{\text{عدد الضربات}}{\text{الزمن}}$

س / ما الفرق بين الرنين والضربات من حيث التردد وطريقة توليدها .

ت	الرنين	الضربات
1	التردد متساوي للشوكتين	التردد مختلف اختلاف قليل بين الشوكتين
2	يتم عند طرق شوكة واحدة تؤثر على الاخرى المساوية لها بالتردد	يتم عند طرق الشوكتان في نفس الوقت بينهما اختلاف قليل بالتردد

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصراً

موبايل / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢ / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١

الموجات الواقفة / Standing wave

هي تلك الموجات التي تنشأ من تراكب سلسلتين من الموجات متساوية في التردد والسعة تسيران في اتجاهين متعاكسين بالانطلاق نفسه وفي وسط واحد . تتألف الموجة الواقفة من .

(1) عقد (وهي نقاط تنعدم فيها سعة الاهتزاز والطاقة والسرعة للجسيمات الوسط).

(2) بطون (وهي نقاط تتحرك فيها جزيئات الوسط حركة توافقية بسيطة وبسعات مختلفة وتحدث اعظم سعة وسرعة في مركز البطن) .

$$L = \frac{\lambda}{2} \times n$$

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = n \frac{v}{2L}$$

L طول الوتر

n عدد البطنون = 1,2,3

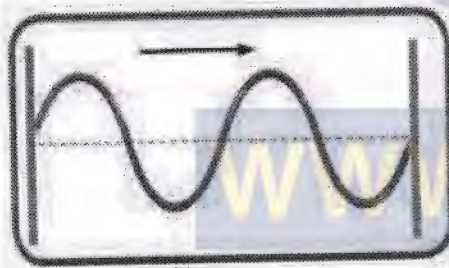
λ طول الموجة

عندما n = 1 فإن $f_1 = \frac{v}{2L}$ حيث يعرف f_1 بالتردد الاساسي او النغمة التوافقية الاولى

عندما n = 2 فإن $f_2 = 2 \frac{v}{2L} = 2f_1$ حيث يعرف f_2 بتردد النغمة التوافقية الثانية وهكذا

س / اشرح بتجربة كيف تتولد الموجة الواقفة .

ادوات النشاط / حبل طوله 4m



خطوات النشاط / نثبت احد طرفي الحبل في الجدار ثم شده من الجهة الثانية وحرك طرف الحبل باستمرار حتى تتولد سلسلة من الموجات تنعكس عند نهاية الحبل وترتد باتجاه معاكس وتلتقي مع الموجات الساقطة مكونة مايسمى بالموجة الواقفة وينقسم الحبل الى عدد مناطق تتكون من عقد وبطنون تنعدم سعة الاهتزاز في العقد وكذلك طاقتها وسرعتها بينما تزداد السعة والطاقة والسرعة عند البطنون

مثال 6 / وتر طوله 42 cm تولدت فيه موجة واقفة تتألف من ستة بطون بانطلاق 84 m/s جد طول

الموجة وتردداته التوافقية الاولى والثانية .

$$L = \frac{\lambda}{2} \times n$$

$$0.42 = 6 \cdot \frac{\lambda}{2}$$

ج / حيث n عدد البطنون

$$\lambda = \frac{0.42}{3} = 0.14m$$

اما تردداته الاولى والثانية نجدها بتطبيق العلاقة $f = n \cdot \frac{v}{2L}$

$$f_1 = \frac{1 \times 84}{2 \times 0.42} = 100 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{2 \times 84}{2 \times 0.42} = 200 \text{ Hz}$$

اي ان $f_2 = 2 f_1$

مثال / استعمل مذبذب تردده (20Hz) في تنعيم وتر كثافته الطولية ($8 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}}$) وبطول ثابت (1.25m) وتحقق حالات الرنين في هذا الوتر بتغيير مقدار الشد فيه. أحسب قوة الشد في الوتر عندما يهتز:

1 - بطن واحدة 2- ببطين

الحل

$$L = n \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = \frac{2L}{n}$$

$$(1) \quad n = 1 \rightarrow \lambda = \frac{2 \times 1.25}{1} = 2.5 \text{m}$$

$$V = \lambda f = 2.5 \times 20 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \rightarrow 50 = \sqrt{\frac{T}{8 \times 10^{-3}}} \rightarrow T = 20 \text{N}$$

$$(2) \quad n = 2 \rightarrow \lambda = \frac{2 \times 1.25}{2} = 1.25 \text{m}$$

$$V = \lambda f = 1.25 \times 20 = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \rightarrow 25 = \sqrt{\frac{T}{8 \times 10^{-3}}} \rightarrow T = 5 \text{N}$$

س / ماهي مميرات الموجة الواقفة

- ج /** (1) لا تنقل طاقة لانها تحدث في وسط محدد بين نقطتين ثابتتين.
 (2) تهتز الجسيمات في البطن الواحد بطور واحد (فرق الطور = صفر) في آن واحد بينما تهتز الجسيمات في بطنين متتالين بطور معكاس (فرق الطور 180) .
 (3) تنعدم الحركة عند العقد بينما تزداد سعة الاهتزاز والسرعة لجزيئات الوسط عند البطون عندها تكون سعة اهتزاز الوتر عند البطن يساوي ضعف سعة اهتزاز المصدر.
 (4) تردد الجسم المهتز في الموجة = تردد الجسم المهتز نفسه في الموجة المنتقلة .

س / اين تحدث الموجات الواقفة

- ج /** (1) في اهتزاز الاوتار (2) في الاعمدة الهوائية للآلات الموسيقية .

خصائص الصوت :

س / ماهي الخصائص الاساسية للصوت

- ج /** (1) علو الصوت (2) درجة الصوت (3) نوع الصوت .

علو الصوت /

- هو احساس يشعر به السامع ويتوقف على : (1) شدة الصوت المسموع
 (2) تردد الموجة الصوتية

ملاحظة / يزداد علو الصوت بزيادة شدة الصوت بثبوت التردد .

ب/ عرف شدة الصوت .

ج / هو المعدل الزمني لمقدار الطاقة الصوتية لوحده المساحة العمودية من جبهة الموجة التي مركزها تلك النقطة .

$$\text{شدة الصوت} = \frac{\text{القدرة الصوتية}}{\text{المساحة}} \text{ اي } I = \frac{P}{A}$$

حيث $P =$ القدرة الصوتية مقدرة بالواط Watt .

$A =$ المساحة مقدرة بـ m^2 حيث A مساحة كرة $A = 4\pi r^2$

$I =$ شدة الصوت مقدرة بـ $watt/m^2$.

ب/ علام تعتمد شدة الصوت في نقطة .

ج / (1) بعد النقطة عن المصدر (تناسب عكسي) $I \propto \frac{1}{r^2}$

(2) سعة اهتزاز المصدر وتردده (تناسب طردي) مربع السعة $I \propto$ ومربع التردد $I \propto$

(3) المساحة السطحية للسطح المهتز (تناسب طردي)

(4) كثافة وسط الانتشار (تناسب طردي) $I \propto \rho$

مستوى شدة الصوت /

هي العلاقة بين الاحساس بعلو الصوت وشدته عند تردد معين وان هذه العلاقة لوغاريتمية

ملاحظات /

(1) تتحسس الاذن البشرية وبصوره جيده الصوت الذي يقع تردده بين 20 Hz – 20000 Hz حيث الترددات

الاعلى من 20000 تسمى موجات فوق السمعية والترددات الاقل من 20 Hz تسمى موجات تحت السمعية .

(2) تتحسس الاذن البشرية بصورة جيده الصوت الذي شدته من $10^{-12} \text{ watt/m}^2$ الى 1 watt/m^2 عندما يكون

التردد للصوت 1000 Hz .

(3) عندما تكون شدة الصوت $10^{-12} \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$ فهي بداية السمع وتسمى بعتبة السمع .

(4) اعظم شدة للصوت المسموع وبصوره جيده هي $1 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2}$ ويسمى بعتبة الالم (لأن الاعلى منها يسبب الم وتصدع

في الرأس) .

(5) مستوى شدة الصوت L_0 عند عتبة السمع هو Zero dB (صفر ديسبيل) حيث

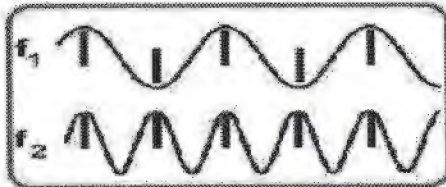
$$L_0 = 10 \log \frac{10^{-12}}{10^{-12}} = 10 \log_{10}(1) = 10 \times 0 = 0$$

(6) مستوى شدة الصوت L_1 عند عتبة الالم هو 120 dB

$$L_1 = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} \Rightarrow L_1 = 10 \log 10^{12}$$

$$L_1 = 120 \text{ dB}$$

درجة الصوت /



هي خاصية الصوت التي تعتمد على تردد الموجات الصوتية الواصلة للاذن واتي تميز بين الاصوات الحاده كصوت المرأة والاصوات الغليظة كصوت الرجل .

نوع الصوت / هي الخاصية التي نستطيع بواسطتها التمييز بين صوتين لهما نفس الشدة والدرجة ولكنهما صادران من

مصدرين مختلفين .

نوع الصوت يعتمد على : (1) المادة المصنوع منها المصدر . (2) طريقة توليد الصوت .

مثال 7 / وضعت آلتان متماثلتان على البعد نفسه من عامل شدة الصوت الواصل من كل آلة لموقع العامل

هو $2 \times 10^{-7} \text{ Watt/m}^2$ أوجد مستوى شدة الصوت المسموع من قبل العامل .

(a) عندما تعمل احدى الآلتان . (b) عندما تعمل الآلتان معاً .

الحل / (a) نحسب مستوى الشدة L عند موضع العامل عندما تعمل احدى الآلتان من المعادلة التالية

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$L_{I1} = 10 \log_{10} \frac{2 \times 10^{-7} \text{ Watt/m}^2}{1 \times 10^{-12} \text{ Watt/m}^2} = 53 \text{ dB}$$

(b) تتضاعف الشدة الى $4 \times 10^{-7} \text{ Watt/m}^2$ ولذلك يكون مستوى الشدة في هذه الحالة هو

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

$$L_{I2} = 10 \log_{10} \frac{4 \times 10^{-7} \text{ Watt/m}^2}{1 \times 10^{-12} \text{ Watt/m}^2} = 56 \text{ dB}$$

الفرق بين مستوى الشدتين هو 3 dB عندما تتضاعف الشدة .

فكر / يعزف عازف الكمان لحناً منفرداً وبعد ذلك ينظم اليه تسع عازفين والجميع يعزفون الشد نفسها التي عزف بها الاول .

(a) عندما يعزف كل العازفين معاً كم هو مستوى شدة الصوت للمجموعة .

(b) اذا انظم عشرة عازفين آخرين كم يزداد مستوى شدة الصوت عن حالة العازف الواحد .

الحل / من العلاقة $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ نلاحظ ان العلاقة بين I , L علاقة لوغاريتمية

$$\text{حيث } \log_{10} 2 = 0.3$$

$$\log_{10} 3 = 0.477$$

$$\log_{10} 4 = 0.602$$

اذا كانت شدة الصوت الصادر عن كل كمان I_0

(1) والشدة الكلية عندما تعمل كل آلات الكمان $I = 10 I_0$

$$L_1 = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$L = 10 \log \frac{10 I_0}{I_0}$$

$$L = 10 \log 10 \quad (\log 10 = 1)$$

$$L = 10 \text{ dB} \quad \text{مستوى الشدة لعشرة عازفين معاً}$$

(2) الشدة الكلية عندما تعمل عشرين آلة كمان

$$I = 20 I_0$$

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$L = 10 \log \frac{20 I_0}{I_0}$$

$$L = 10 \log 20$$

$$L = 10 \log (2 \times 10)$$

$$L = 10 [\log 2 + \log 10]$$

$$L = 10 [0.3 + 1]$$

$$L = 10 [1.3] = 13 \text{ dB}$$

الموجات فوق السمعية /

هي موجات ميكانيكية تنتشر بسرعة الصوت نفسها الا انها ذات تردد عالي يزيد عن 20000Hz ومن تطبيقاتها العملية .

(1) تعين ابعاد واصماق البحار وذلك بإرسال اشارهُ من موجات فوق الصوتية الى عمق البحر وبواسطة جهاز

$$V = \frac{1}{2} \times t \quad \text{تستقبل الاشارة ومن حساب الزمن المستغرق يقاس البعد بالعلاقة}$$

(2) الكشف عن مواقع الاسماك في البحار .

(3) كشف العيوب في المعادن من وجود صدوع او شقوق او فقاعات .

(4) في الفحوصات الطبية والجراحية وتفضل على اشعة X مثلاً في اضرار الاشعاع .

(5) للقضاء على بعض انواع البكتريا وتوقف بعض الفيروسات .

(6) في التعقيم والتتنقية والصقل .

(7) تخريم الزجاج والسيراميك .

(8) في الطب للتدليك بسبب اهتزازها السريع .

(9) تحطيم الحصى في الكلى .

فكر / تفضل الدلافين الموجات فوق السمعية لتحديد موقعا ما بطريقة الصدى على استعمال الموجات السمعية .

الجواب / ان ترددات الموجات فوق السمعية عالية فاطوالها الموجية قصيرة فتكون بحزم ضيقة لا تتركز طاقتها فتتخذ لمسافات بعيدة .

س/ كيف تستخدم الامواج فوق السمعية في التعقيم لقتل الجراثيم او فتت حصى الكلى ؟

ج / عند مرور موجات فوق السمعية في سائل تزداد سرعة وتعجيل جسيمات الوسط المتذبذبة ونتيجة لذلك تحدث انقطاعات في اتصالات السائل تظهر باستمرار وهذه الانقطاعات تمثل فقاعات وعند اختفاء الانقطاعات يحدث ارتفاع لحظي في الضغط يصل الالف المرات بقدر الضغط الجوي لذا تقوم بتفتيت مايوجد في سائل من جزيئات او كائنات حية

س/ كيف تستثمر الموجات فوق السمعية في الفحوص الطبية والجراحية ؟

ج / من خلال تسليط حزمة من الموجات فوق السمعية على الجزء المراد فحصه واستقباله الموجة المنعكسة على جهاز الكتروني متصل بشاشة تلفزيونية تظهر عليها صورة المنطقة المراد فحصها.

س/ علل/ يفضل استعمال الموجات فوق السمعية في الفحوصات الطبية على الاشعة السينية (x-ray) ؟

ج / لانها غير ضارة على اعضاء الجسم مقارنة بالاشعة السينية.

تأثير دوبلر Doppler Effect :

هي ظاهرة التغيير في التردد المسموع عن تردد المصد عند وجود حركة نسبية بين السامع أو المصدر.

* اذا كانت الحركة تسبب اقتراب المصدر والسامع من بعضهما فان التردد الظاهري (تردد الصوت المسموع) يكون اكبر من التردد الاصلي للمصدر . اما اذا كانت الحركة تؤدي الى ابتعاد المصدر والسامع عن بعضهما فان التردد الظاهري (تردد الصوت المسموع) يكون اقل من التردد الاصلي للمصدر.

الصيغة العامة لقانون دوبلر:

لحساب التردد الظاهري (تردد الصوت المسموع) في حالة حركة المصدر او السامع او كليهما نطبق قانون دوبلر.

$$f' = \left(\frac{V - V_o}{V - V_s} \right) f$$

حيث / f' تردد الصوت المسموع

f التردد الاصلي للمصدر

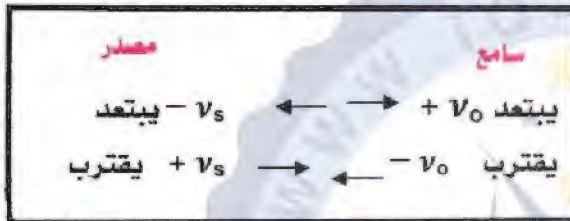
V سرعة الصوت في المصدر (الهواء مثلاً)

V_o سرعة السامع

V_s سرعة المصدر

مع مراعات ماياتي عند تطبيق هذا القانون :

- (1) كل ساكن (مصدر الصوت أو السامع) نعوض عن قيمة سرعته صفر .
- (2) اذا كان المصدر متحرك بسرعة v_s مقترب من السامع الساكن فنعوض عن مقدار سرعة المصدر بإشارة موجبة .
واذا كان المصدر يتحرك بسرعة v_s مبتعداً من السامع الساكن فنعوض عن سرعة المصدر بالإشارة السالبة .
- (3) اذا كان السامع يتحرك بسرعة v_o باتجاه المصدر الساكن فنعوض عن مقدار سرعة السامع بإشارة سالبة اما
اذا كان السامع يتحرك بسرعة v_o مبتعداً عن المصدر الساكن فنعوض عن سرعة السامع بإشارة موجبة .



مثال 8 / سيارة تتحرك في خط مستقيم بانطلاق ثابت (72 Km/h) نسبة الى رجل واقف على الرصيف وكان منه الصوت في السيارة يصدر صوت بتردد (644 Hz) وانطلاق الصوت في الهواء حينذاك (342m/s) احسب مقدار كل من التردد الذي يسمعه الرجل والطول الموجي المسموع عندما تكون السيارة متحركة . (a) نحو الرجل (b) بعيداً عن الرجل

الحل / القانون العام لدوبلر $f' = \left(\frac{v - v_o}{v - v_s} \right) \times f$

(a) المصدر الصوت يقترب من السامع فان سرعة المصدر تكون موجبة .

نحول من كم / ساعة الى م / ثا $v_s = \frac{7 \times 1000}{3600} = 20 \text{ m/s}$

$$f' = \frac{342 - 0}{342 - (+20)} \times 644 = \frac{342}{322} \times 644 = 684 \text{ Hz}$$

الطول الموجي المسموع $\lambda' = \frac{v}{f'} = \frac{342}{684} = 0.5 \text{ m}$

(b) بما ان المصدر الصوت يبتعد عن السامع فان سرعة المصدر تعوض بإشارة سالبة (لأنها عكس اتجاه انتشار الصوت)

$$f' = \frac{342 - 0}{342 - (-20)} \times 644 = \frac{342}{362} \times 644 = 608.42 \text{ Hz} \quad , \quad v_s = -20 \text{ m/s}$$

الطول الموجي المسموع $\lambda' = \frac{v}{f'} = \frac{342}{608.42} = 0.562 \text{ m}$

مثال 9 / راكب دراجة يتحرك بسرعة 5 m/s بخط مستقيم نسبة الى مصدر صوت ساكن يبعث بصوت تردده (1035 Hz) وكان انطلاق الصوت في الهواء حينذاك (345 m/s) احسب مقدار كل من التردد والطول الموجي الذي يسمعه راكب الدراجة اذا كان متحركاً . (a) نحو المصدر (b) بعيداً عن المصدر

الحل / $f' = \frac{v - v_o}{v - v_s} \times f$

(a) السامع (راكب الدراجة) يتحرك نحو المصدر فان سرعة السامع $v_o = -5 \text{ m/s}$ (إشارة سالبة)

$$f' = \frac{345 - (-5)}{345 - 0} \times 1035 = \frac{350}{345} \times 1035 = 1050 \text{ Hz}$$

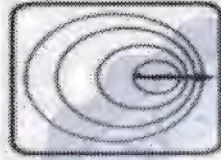
عندما يكون المصدر ساكن فان الطول الموجي للصوت الذي يبعثه المصدر لا يتغير فيكون $v = \frac{\lambda}{f}$

$$\lambda' = \lambda = \frac{v}{f'} = \frac{345}{1035} = 0.33 \text{ m}$$

(b) بما ان السامع (راكب الدراجة) يتحرك بعيداً عن المصدر فتكون سرعة السامع $V_0 = (+5 \text{ m/s})$ بإشارة موجبة .

$$f' = \frac{345 - (+5)}{345 - 0} \times 1035 = \frac{340}{345} \times 1035 = 1020 \text{ Hz}$$

$$\lambda' = \lambda = \frac{V}{f'} = \frac{340}{1035} = 0.33 \text{ m}$$



موجة الرجة (الرجة الصدمية) /

(1) عندما تطير طائرته بسرعة اقل من سرعة الصوت .

فان جبهات الموجة الواقعة امام الطائرة تكون متقاربة

فتولد موجات ضغطية بسبب حركة الطائرة .



(2) عندما تزداد سرعة الطائرة فان جبهات الموجة امام الطائرة تتقارب اكثر فاكثر

وان المراقب يسجل تردد اعلى وعندما تتحرك الطائرة بسرعة الصوت فان

جبهات الموجة تزدحم امام الطائرة وتسير بسرعة الصوت مكونة حاجز من

الهواء وبضغط عالي يسمى حاجز الصوت

(3) عندما تسير الطائرة بسرعة اكبر من سرعة الصوت فان جبهات الموجة تزدحم

واحدة فوق الاخرى مكونة سطح مخروطي يسمى بموجات الصدم او موجة الرجة /

وهي الموجة التي تتركز الطاقة بشدة عالية في منطقة تولدها تكون في مقدمة

الطائرة واخرى في مؤخره الطائرة وتسمع بشكل صوت مدوي ويكون غلاف الجبهات

مخروطي الشكل ونصف زاوية راسه تعطى بالعلاقة .

$$\sin \theta = \frac{Vt}{V_s t} = \frac{V}{V_s} \quad (V \text{ سرعة الموجة (الصوت), } V_s \text{ سرعة المصدر (الطائرة)})$$

ترمز النسبة $\frac{V_s}{V}$ بعدد ماخ وجبهة الموجة المخروطية عندما $V_s > V$ (سرعة فوق صوتية) تعرف على انها

موجة صدمية كما في حال حركة طائرة نفاثة بسرعة فوق الصوتية فتنتج عنها موجات صدمية وهي التي تحدث

الصوت العالي المدوي الذي نسمعه تحمل الموجة الصدمية مقدار ضخيم من الطاقة مركزه في وسط المخروط والذي

يحدث تغير كبير في الضغط وهي ضاره بالسمع وتسبب اضراراً بالمباني عندما تطير الطائرة على ارتفاعات منخفضة

توضيح للطالب /

(1) لو كانت سرعة الطائرة ضعف سرعة الصوت فان الزاوية 30° .

(2) لو كانت سرعة الطائرة ثلاثة امثال سرعة الصوت فان الزاوية 20°

واضح انه كلما ازدادت سرعة الطائرة فان الزاوية تقل كذلك فان عدد ماخ في الحالة الاولى = 2

وفي الحالة الثانية عدد ماخ = 3 وهكذا لأن عدد ماخ هو $\frac{\text{سرعة الطائرة}}{\text{سرعة الصوت}} = \frac{V_s}{V}$

فكر / طائرة تحلق في الجو بسرعة ثابتة انتقلت من كتلة هوائية باردة الى كتلة هوائية ساخنة هل ان عدد ماخ

يزداد - يقل او يبقى ثابت .

ج / كما نعلم ان سرعة الصوت تزداد عندما تزداد درجة الحرارة وعليه فان عدد ماخ هو النسبة بين

$$\text{عدد ماخ} = \frac{\text{سرعة الطائرة}}{\text{سرعة الصوت}} = \frac{V_s}{V} \quad \text{لذلك نقول ان عدد ماخ سيقبل .}$$

اسئلة الفصل السابع

س 1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي :

(1) اي من التالي لا يؤثر في الزمن الدوري للبندول البسيط الذي يهتز في الهواء

- (a) طول الخيط (b) كتلة الكرة
(c) التعجيل الارضي في موقع البندول (d) قطر الكرة

الجواب / هو (b) كتلة الكرة من العلاقة التالية $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

(2) بندول بسيط طول خيطه 2m والتعجيل الارضي 10m/s^2 فان عدد الاهتزازات الكاملة له خلال 5min هي

التوضيح $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10}{2}} \Rightarrow f = 0.355$

ولكن $f = \frac{n}{T} \Rightarrow fT = n$

$n = 0.355 \times 5 \times 60 = 106$

- (a) 1.76
(b) 21.6
(c) 106
(d) 236

الجواب / هو (c) 106

(3) تمر ثمان موجات عبر نقطة معينة كل 12s وكانت المسافة بين قمتين متتاليتين هي 1.2m فان

التوضيح $v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = \lambda \cdot \frac{n}{T}$

$v = 1.2 \times \frac{8}{12} = 0.8 \text{ m/s}$

سرعة الموجة تكون

- (a) 0.667 m/s
(b) 0.8 m/s
(c) 1.8 m
(d) 9.6 m/s

الجواب / هو (b) 0.8

(4) في اي مما يأتي لا يحدث تأثير دوبلر

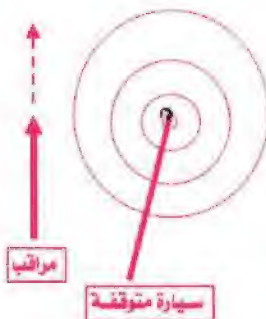
- (a) مصدر الصوت يتحرك باتجاه المراقب
(b) مراقب يتحرك باتجاه مصدر الصوت
(c) مراقب ومصدر ساكنين احدهما بالنسبة للآخر
(d) المراقب والمصدر يسيران باتجاهين متعاكسين

الجواب / هو (c) مراقب ومصدر ساكنين احدهما بالنسبة للآخر

(5) راكب حافلة يمر بالقرب من سيارة متوقفة على جانب الطريق وقد اطلق سائق السيارة المتوقفة صوت

المنبه ما طبيعة الصوت الذي نسمعه

- (a) الصوت الاصلي للمنبه ترتفع درجته
(b) الصوت الاصلي للمنبه تنخفض درجته
(c) صوت تتغير درجته من مقدار كبير الى مقدار صغير
(d) صوت تتغير درجته من مقدار صغير الى مقدار كبير



الجواب / هو (d) صوت تتغير درجته من مقدار صغير الى مقدار كبير

توضيح/ في حالة اقتراب السامع من المصدر الساكن فان التردد الظاهري يزداد وبذلك يزداد درجة الصوت المسموع ففي حالة اقتراب راكب الحافلة من السيارة المتوقفة فانه سيسمع صوت تزداد درجته تدريجيا

(6) الزمن الذي يحتاجه الجسم المهتز لاكمال هذه واحدة .

- (a) الهيرتز (b) الزمن الدوري (c) السعة (d) التردد

الجواب / هو (b) الزمن الدوري T

(7) الموجات الميكانيكية المستعرضة تتحرك فقط خلال .

- (a) الاجسام الصلبة (b) السوائل (c) الغازات (d) كل ما ذكر اعلاه

الجواب / (a) الاجسام الصلبة

التوضيح / الموجات الميكانيكية المستعرضة يمكنها النفاذ في الاوساط المرنة التي تتوافر بين جزيئاتها قوى تماسك

كافية ليتمكن الجزيء المهتز تحريك الجزيئات المتجاورة بصورة عمودية على اتجاه انتشار الموجة مثل الاجسام الصلبة ولا يمكنها النفاذ في الهواء لعدم توافر تلك القوى بين جسيماتها.

(8) عند زيادة شدة الصوت 10 مرات يزداد مستوى الشدة الى .

- (a) 100 dB
(b) 20 dB
(c) 10 dB
(d) 2 dB

التوضيح / $L_o = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow L_I = 10 \log \frac{10I}{10^{-12}}$
 $L_I = 10 \left[\log 10 + \log \frac{I}{10^{-12}} \right] = 10 + 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$
 $L_I = 10 + L_o \Rightarrow L_I - L_o = 10 \text{ dB}$

الجواب / هو (c) 10 dB

(9) انطلاق الصوت في الهواء هو دالة .

- (a) الطول الموجي (b) التردد (c) درجة الحرارة (d) السعة

الجواب / هو (c) درجة الحرارة

التوضيح / لأن انطلاق الصوت يزداد بزيادة درجة الحرارة (طردياً)

وعكسياً مع الكثافة اي بزيادة الرطوبة تزداد سرعة الصوت .

س2/ ما الميزة التي يجب ان تتوفر في حركة الجسم لتكون حركة توافقية بسيطة

ج / عندما تكون سعة اهتزاز الجسم صغيرة لا تزيد عن 5° عند ذلك تعتبر حركته حركة توافقية بسيطة .

س3/ كم مرة يتأرجح طفل على أرجوحة مروراً بموقع الاستقرار خلال زمن دورة واحدة

ج / مرتين

اطلب النسخة الاصلية من مكتب الشمس حصراً

موبايل / ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢ / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١

س4/ ماذا يحصل للزمن الدوري في بندول بسيط توافقي .

(a)	عند مضاعفة طوله	ج/ يزداد بمقدار $\sqrt{2} T$ من القانون $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{\frac{2L_1}{L_1}} = \sqrt{2} \Rightarrow T_2 = \sqrt{2} T_1$
(b)	عند مضاعفة كتلته	لا يتغير لأنه لا يعتمد على الكتلة
(c)	عند مضاعفة سعة اهتزازه	لا يتغير الزمن لأنه يعتمد فقط على طول البندول والتعجيل الأرضي

س5/ هل يختلف الزمن الدوري للبندول البسيط التوافقي المهتز عند مستوى سطح البحر عن الزمن الدوري لمثيله يهتز على قمة جبل ؟ ولماذا .

ج/ نعم يتأثر وفق العلاقة حيث العلاقة عكسية بين $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

كلما ارتفعنا الى الاعلى فان g تقل وعليه T تزداد

المسائل

س1/ ما الزمن الدوري لبندول بسيط يهتز توافقياً (12) دورة خلال 2 min

ج/ $f = \frac{12}{2 \times 60} = \frac{12}{120} = 0.1 \text{ Hz} \Rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.1} = 10 \text{ sec}$

س2/ طائرة مروحية على بعد 10 m عن سامع تبعث صوتها بانتظام في جميع الاتجاهات فاذا كانا

مستوى الشدة لصوتها 100 dB يتحسسه هذا السامع فما .

(a) مقدار القدرة الصوتية الصادرة عن هذه الطائرة .

(b) المعدل الزمني للطاقة الصوتية الساقطة على طبلة اذن سامع مساحتها $8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

الحل / a) $L_1 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 100 = 10 \log \frac{I}{I_0}$

$10 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^{10}$

ولكن عتبة السمع I_0 تساوي 10^{-12} w/m^2 فان $\frac{I}{10^{-12}} = 10^{10}$

\therefore شدة صوت الطائرة عند اذن السامع $I = 10^{-2} \text{ w/m}^2$

معدل قدره الطائرة $I = \frac{P_{av}}{A} \Rightarrow P_{av} = I \times A \Rightarrow P_{av} = 10^{-2} \times 4\pi r^2 = 4\pi \text{ watt}$

b) $I = \frac{P_{av}}{A} \Rightarrow 10^{-2} = \frac{P_{av}}{8 \times 10^{-3}}$

المعدل الزمني للطاقة الصوتية الساقطة على طبلة اذن السامع $P_{av} = 8 \times 10^{-5} \text{ watt}$

س3/ احسب التغير في مستوى شدة الصوت المنبعث من مذياع اذا تغيرت قدرة الصوت من

$25 \times 10^{-3} \text{ Watt}$ الى $250 \times 10^{-3} \text{ Watt}$

الحل /

$$I_1 = \frac{P_1}{A} = \frac{25 \times 10^{-3}}{A}$$

$$L_1 = 10 \log \frac{25 \times 10^{-3}}{10^{-12}} \Rightarrow L_1 = 10 \log \frac{25 \times 10^{-3}}{A \times 10^{-12}}$$

$$L_1 = 10 \log \frac{25 \times 10^9}{A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{A} = \frac{250 \times 10^{-3}}{A} \Rightarrow L_2 = 10 \log \frac{250 \times 10^{-3}}{A \times 10^{-12}}$$

$$L_2 = 10 \log \frac{250 \times 10^9}{A}$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 = 10 \log \frac{250 \times 10^9}{A} - 10 \log \frac{25 \times 10^9}{A}$$

$$\Delta L = 10 \log_{10} \frac{250 \times 10^9}{25 \times 10^9} = 10 \log_{10} 10$$

$$\Delta L = 10 \text{ dB}$$

س4/ تبلغ القدرة الصادرة من صافرة $3.5\pi \text{ m W}$ على اية مسافة تكون شدة الصوت

$$1.2 \times 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

الحل /

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{P}{4\pi I}$$

$$r^2 = \frac{3.5\pi \times 10^{-3}}{4\pi \times 1.2 \times 10^{-4}} \Rightarrow r^2 = 7.292 \Rightarrow r = 2.7 \text{ m}$$

س5/ ما النسبة بين شدتي صوتين بالنسبة لسامع اذا كان الفرق بين مستوي شدتيهما 40 dB

$$L_2 - L_1 = 40$$

$$10 \log_{10} \frac{I_2}{10^{-12}} - 10 \log_{10} \frac{I_1}{10^{-12}} = 40$$

$$\log_{10} \frac{I_2}{I_1} = 4 \Rightarrow \log_{10} \frac{I_2}{I_1} = 4 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^4$$

س6/ ساعة جدارية تصدر دقاتها صوتاً قدره $4\pi \times 10^{-3}$ هل يستطيع شخص اعتيادي سماع هذه الدقات إذا كان يقف على بعد 15 m منها .

$$I = \frac{P}{A} = \frac{4\pi \times 10^{-3}}{4\pi \times 15^2} = \frac{10^{-3}}{225} = 0.444 \times 10^{-6} \text{ Watt/m}^2$$

لاحظ ان اقل شدة تستطيع الاذن سماعها هي 10^{-12} w/m^2 واعلى شدة تستطيع الاذن سماعها هو 1 w/m^2 وحيث ن شدة صوت دقات الساعة هو أصغر من $10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ لذلك لا يستطيع الشخص الاعتيادي سماع هذه الدقات

س7/ آلة موسيقية وترية كتلة وترها 15 g وطوله 50 cm ومقدار شدة الوتر 25N احسب انطلاق الموجة في هذا الوتر .

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{T.L}{m}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{25 \times 50 \times 10^{-2}}{15 \times 10^{-3}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{125 \times 10}{15 \times 10^{-3}}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{25 \times 10^2}{3}} = \frac{50}{\sqrt{3}} = \frac{50}{1.73} = 29 \text{ m/s}$$

س8/ ما أنطلاق مصدر مصوت إذا كان متحركاً بسرعة منتظمة نسبة الى فتاة واقفة عندما تسمع تردد صوت المصدر يزداد بمقدار 5% من تردده الحقيقي وكان انطلاق الصوت في الهواء انذاك 340 m/s .

$$\Delta f = \frac{5}{100} f = 0.05 f$$

$$\Delta f = f' - f$$

$$\therefore f' = f + \Delta f = f + 0.05 f = 1.05 f$$

$$f' = \left(\frac{v - v_0}{v - v_s} \right) \times f$$

$$1.05 f = \frac{340}{340 - v_s} \times f$$

$$1.05 (340 - v_s) = 340$$

$$357 - 1.05 v_s = 340$$

$$357 - 340 = 1.05 v_s$$

$$17 = 1.05 v_s$$

$$v_s = \frac{17}{1.05} = 16.19 \text{ m/s}$$



مصدر متحرك
صوت
 $v_s = +$ يقترب

سامع ساكن
فتاة
 $v_0 = 0$

مع أطيب تمنيات مكتب الشمس بالنجاح الباهر والمستقبل الزاهر

الفرع الأول: حي الجامعة - شارع الربيع - قرب نفق الشرطة - هـ ٠٧٨٣٢٥٧٠٨٨٠

الفرع الثاني: بداية سوق السراي - قرب المتحف البغدادي - هـ ٠٧٨٣٢٥٧٠٨٧٩

موبايل / ٠٧٩٠١٧٥٣٤٦١ - ٠٧٨٠٥٠٣٠٩٤٢